

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Leandro Dilnei Viana Soares

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA CARTOGRÁFICO MUNICIPAL**

Dissertação submetida ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil - PPGEC da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau  
de Mestre em Engenharia Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch

Florianópolis  
2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

S676a Soares, Leandro Dilnei Viana

Avaliação do sistema cartográfico municipal [dissertação] /  
Leandro Dilnei Viana Soares ; orientador, Carlos Loch. -  
Florianópolis, SC, 2010.

89 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia civil. 2. Cartografia - Avaliação. I. Loch,  
Carlos. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 624

Leandro Dilnei Viana Soares

**“AVALIAÇÃO DO SISTEMA CARTOGRÁFICO MUNICIPAL”**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC.

Florianópolis, 25 de novembro de 2010.

---

Prof. Dra. Janaíde Calvacante Rocha  
Coordenadora do Curso

Comissão examinadora:

---

Prof. Dr. Carlos Loch  
Orientador/Moderador

---

Prof. Dr. Ing. Jürgen Philips  
PPGEC/UFSC

---

Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira  
PPGEC/UDESC/UFSC

---

Prof. Dr. Carlos Antônio Oliveira Viera  
UFSC

---

Prof. Dr. Paulo Márcio Leal de Menezes  
UFRJ

Aos meus queridos pais Dilnei e Bernardina.  
E à Gislaine.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todas as oportunidades concedidas.

Aos meus pais, Dilnei Julio Soares e Bernardina Viana Soares, ao meu irmão Sandro Dilnei Viana Soares e às minhas irmãs Fernanda e Morgana Viana Soares pelo carinho, incentivo e por acreditar na minha capacidade.

Ao professor Dr. Carlos Loch pelo conhecimento, paciência na orientação, amizade, dedicação e incentivo a esta pesquisa.

Ao professor Dr. Ing. Jürgen Philips pela sabedoria em aula e disponibilidade nas conversas informais.

Aos membros participantes da banca examinadora por aceitarem o convite e se disporem a contribuir com o seu conhecimento, experiência e pelas críticas, sugestões e recomendações.

Aos professores do curso Técnico de Agrimensura do Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC, em especial ao M.Eng. Markus Hasenack e ao Eng. Rogério Cesar Cabral, pelas discussões técnicas sobre as definições de carta cadastral e topográfica.

Aos professores do curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, em especial ao Coordenador Prof. M.Sc. Hugo Schwalm e ao Prof. M.Sc. Vanildo Rodrigues, pelo apoio e incentivo.

Aos estagiários da Secretaria do Sistema de Infraestrutura, Planejamento e Mobilidade Urbana da Prefeitura Municipal de Criciúma, acadêmicos de Engenharia de Agrimensura, Angelo Dacoregio Ballmann, Daniel Martignago Guelere, Eduardo Búrigo Westrup, Felipe Bombazaro e ao funcionário Gustavo Bergmann pelo apoio nas atividades de campo.

Ao meu ex-supervisor de estágio e atual colega de trabalho Eng. Agrim. Luiz Ricardo Mattos pela amizade e ajuda nos trabalhos de campo e processamento dos dados, além das discussões diárias sobre este estudo.

À minha namorada Gislaine Zilli Réus pela colaboração e sugestões nesta dissertação.

E a todos aqueles que acreditaram e de alguma forma contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa.

*Muito obrigado!*

“Não há fatos eternos,  
como não há verdades absolutas.”

Friedrich Nietzsche (1844-1900)

## RESUMO

SOARES, L. D. V. **Avaliação do sistema cartográfico municipal.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010, 89p.

A cartografia em escala grande, com boa qualidade espacial é essencial às administrações municipais para verificação de atendimentos de algumas leis, tais como a de Parcelamento de Solo Urbano – Lei 6.766/79, a do Código Florestal – Lei 4.771/65 e a do Estatuto das Cidades – Lei 10.257/01, entre outras, e também para o planejamento municipal, estudos do plano diretor, anteprojetos, estudo de viabilidade econômica e para a arrecadação fiscal, buscando desse modo uma tributação mais justa. A maioria das prefeituras brasileiras têm grandes dificuldades em produzir e gerir seus dados cartográficos devido à inexistência de padrões claros para cada finalidade de carta, gerando com isto um ambiente confuso para aceitação e utilização destes produtos. Este trabalho destaca e avalia a importância da rede de referência cadastral municipal (RRCM) para elaboração, atualização e avaliação de qualquer dado cartográfico na abrangência da mesma, propondo um método de avaliação distinto para cada uma das duas principais cartas que compõem o sistema cartográfico municipal, a folha topográfica e a cadastral. Para a elaboração da proposta de avaliação do sistema cartográfico municipal foram selecionadas duas cartas, uma topográfica e uma planta de loteamento produzida com características de uma carta cadastral. Para a folha topográfica selecionada é proposta uma avaliação com os critérios da norma americana NSSDA, a qual não atendeu as exigências da referida norma, apresentando tendência na componente “E”. E para carta cadastral, utilizou-se como critério de avaliação da qualidade posicional a acurácia de  $\pm 0,10\text{m}$  proposto por Brandão (2003), a carta avaliada apresentou três pontos com acurácia inferior ao critério adotado.

**Palavras-chave:** avaliação; sistema cartográfico.

## ABSTRACT

SOARES, L. D. V. **Proposal evaluation of municipal system cartographic.** Master's Dissertation, Federal University of Santa Catarina, Civil Engineering Post-Graduation Program, 2010, 89p.

The cartography in large scale, with good spatial quality is essential to municipalities for verification of attendance of some laws, such as Urban Land of Installment – Law 6.766/79, Forest Code – Law 4.771/65 and Status of Cities – Law 10.257/01 and other. Moreover, also for the planning, master plan studies, preliminary planning, economic feasibility study and tax revenues, thereby seeking a fairer tax system. Most city governments in Brazil have great difficulties in producing and managing their cartographic data in the absence of clear standards for each purpose of the map, creating a cluttered environment with it for acceptance and use of these products. This study highlights and assesses the importance of municipal cadastral reference network for preparing, updating and assessment of any data cartographic in the same range, suggesting a different method of assessment for each of the two main cards that make up the local cartographic system, topographic and cadastral. In developing the proposed evaluation of the municipal cartographic system were selected two maps, one topographic and one plant produced blending characteristics of a map cadastral. To topographic sheet selected is proposal an evaluation with the criteria of the standard American NSSDA, which did not meet the requirements of this standard, with tendency in the component "E ". For cadastral map was used as a criterion for evaluating the quality positional accuracy of  $\pm 0,10\text{m}$  proposed by Brandão (2003), the map presented three points with less than the accuracy criterion.

**Key Words:** evaluation, cartographic system.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Superfície Cilíndrica.....	27
Figura 2: Superfície Cônica .....	27
Figura 3: Superfície Plana.....	28
Figura 4: Cilindro Transverso .....	28
Figura 5: Acurácia e Precisão .....	31
Figura 6: Resolução analítica de área.....	41
Figura 7:Localização da área de estudo .....	46
Figura 8: Articulação das folhas topográficas em escala 1:2.000 .....	47
Figura 9: Localização do loteamento Vitória na Folha 13.421 .....	48
Figura 10: Localização das estações da RBMC .....	50
Figura 11: Distribuição dos 4 vértices da RRCM avaliados .....	51
Figura 12: Marco VG20.....	53
Figura 13: Marco VG20A .....	54
Figura 14: Marco VG17.....	54
Figura 15: Marco VG17A.....	55
Figura 16: Desenvolvimento da poligonal .....	56
Figura 17: Distribuição dos pontos de teste .....	57
Figura 18: Dados de fechamento da poligonal enquadrada.....	58
Figura 19: Extrato da folha topográfica com os pontos para avaliação.....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características dos sistemas geodésicos brasileiros .....	20
Tabela 2: Classes de Usuários GPS.....	22
Tabela 3: Resumo dos indicadores estatísticos .....	34
Tabela 4: Padrão de acurácia planimétrica ASPRS (1989) .....	36
Tabela 5: Classe definida pela NGIR quanto à finalidade e precisão....	39
Tabela 6: Descrição do Marcos da RRCM de Criciúma avaliados .....	51
Tabela 7: Correção da ondulação geoidal .....	52
Tabela 8: Análise do erro angular. ....	59
Tabela 9: Análise do erro linear. ....	59
Tabela 10: Coordenadas obtidas no levantamento topográfico. ....	60
Tabela 11: Coordenadas e desvios padrões calculada para avaliação da RRCM Criciúma. Processada com intervalo de confiança de 95%. .....	61
Tabela 12: Diferenças encontradas nas coordenadas dos marcos. ....	62

Tabela 13: Análise de tendência das coordenadas planimétricas dos marcos VG17, 17A, 20 e 20A da RRCM de Criciúma, com intervalo de confiança de 68% .....	62
Tabela 14: Avaliação dos marcos utilizados .....	63
Tabela 15: Análise de tendência da coordenada altimétrica dos marcos VG17, 17A, 20 e 20A da RRCM de Criciúma, com intervalo de confiança de 68% .....	64
Tabela 16: Diferenças entre as coordenadas da carta e mediadas em campo .....	66
Tabela 17: Cálculo do desvio padrão aceitável .....	68
Tabela 18: Análise de tendência – coordenadas da folha topográfica (nível de confiança 95%) .....	68
Tabela 19: Análise precisão – coordenadas da folha topográfica (nível de confiança 95%) .....	69
Tabela 20: Resultante horizontal, RMSE e o índice NSSDA .....	69
Tabela 21: Análise de tendência – componente altimétrica da folha topográfica (nível de confiança 90%) .....	71
Tabela 22: Análise precisão – da componente altimétrica da folha topográfica (nível de confiança 90%) .....	72
Tabela 23: RMSE e o índice NSSDA da componente altimétrica .....	72
Tabela 24: Coordenadas obtidas em campo e na carta cadastral .....	74
Tabela 25: Análise estatística das diferenças de coordenadas da carta cadastral .....	75

## **LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS**

CNIR - Cadastro Nacional de Imóveis Rurais  
CTM – Cadastro Técnico Multifinalitário  
EP – Erro Padrão  
FIG - Fédération Internationale des Géomètres (Federação Internacional dos Agrimensores)  
GNSS – Global Navigation Satellite Systems (Sistema Global de Navegação por Satélite)  
GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
MDT – Modelo Digital de Terreno  
NBR – Norma Brasileira de Referência  
NGIR – Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais  
NSSDA - National Standard for Spatial Data Accuracy (Padrão Nacional para Acurácia de Dados Espaciais)  
RRCM – Rede de Referência Cadastral  
PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica  
RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo  
RMSE - Root Mean Square Error (erro médio quadrático)  
RN – Referência de Nível  
RRCM – Rede de Referência Cadastral Municipal  
SAD 69 – South American Datum 1969 (Datum Sul Americano)  
SGB – Sistema Geodésico Brasileiro  
SIG – Sistema de Informações Geográficas  
SIRGAS 2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas  
SNCR - Sistema Nacional do Cadastro Rural  
UTM – Universal Transverso Mercator  
WGS84 – World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial 1984)

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1 - Monografia do marco VG17 da RRCM de Criciúma.....	82
Anexo 2 - Monografia do marco VG17A da RRCM de Criciúma.....	84
Anexo 3 - Monografia do marco VG20 da RRCM de Criciúma.....	86
Anexo 4 - Monografia do marco VG20A da RRCM de Criciúma.....	88

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	15
1.2	OBJETIVOS .....	16
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>16</b>
1.3	JUSTIFICATIVA .....	17
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
2.1	SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB) .....	19
2.2	REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL .....	20
2.3	SISTEMA CARTOGRÁFICO MUNICIPAL .....	23
<b>2.3.1</b>	<b>Folha topográfica .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Carta cadastral.....</b>	<b>25</b>
2.4	PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA .....	26
<b>2.4.1</b>	<b>Classificação do sistema de projeção cartográfica .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Sistema de Projeção UTM (Universal Transverso de Mercator). .....</b>	<b>28</b>
2.5	TIPOS DOS ERROS .....	29
2.6	PRECISÃO E ACURÁCIA (EXATIDÃO).....	30
2.7	LEGISLAÇÃO CARTOGRÁFICA.....	31
<b>2.7.1</b>	<b>Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional – Decreto 89.817/84.....</b>	<b>31</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Padrão Nacional para Acurácia de Dados Espaciais (<i>National Standart for Spatial Data Accuracy</i> - NSSDA).....</b>	<b>34</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais – NGIR .....</b>	<b>37</b>
2.8	ACURÁCIA NECESSÁRIA PARA LEVANTAMENTOS CADASTRAIS NO BRASIL .....	39
2.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	42
<b>2.9.1</b>	<b>Análise de precisão.....</b>	<b>42</b>
<b>2.9.2</b>	<b>Análise de tendência .....</b>	<b>44</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>46</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	46
3.2	MATERIAIS.....	48
<b>3.2.1</b>	<b>Dados para avaliação.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Equipamentos.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Softwares .....</b>	<b>49</b>
3.3	MÉTODO .....	49
<b>3.3.1</b>	<b>Seleção da área de estudo e distribuição dos pontos de testes .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Avaliação dos pontos da rede de referência cadastral utilizados. .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Levantamento Topográfico .....</b>	<b>55</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Processamento dos dados topográficos .....</b>	<b>57</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE .....</b>	<b>61</b>

4.1	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL DOS PONTOS DA REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL UTILIZADOS.....	61
4.2	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DA CARTOGRAFIA MUNICIPAL UTILIZANDO A REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL. ....	65
4.2.1	Folha topográfica .....	65
4.2.2	Carta Cadastral.....	74
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	76
5.1	CONCLUSÕES .....	76
5.2	RECOMENDAÇÕES .....	77
6	REFERÊNCIAS .....	78
7	ANEXOS .....	81

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Internacionalmente, a cartografia com qualidade geométrica sempre teve grande importância para as administrações municipais, e no Brasil cada vez mais se torna imprescindível para permitir a aplicação de Leis, tais como, a de Georreferenciamento de Imóveis Rurais – Lei 10.267/01, a de Parcelamento de Solo – Lei 6.766/77, o Código Florestal – Lei 4.771/65 e o Estatuto das Cidades – Lei 10.257/01, entre outras, que necessitam de informações espaciais confiáveis. Como exemplo, para definir declividade de certa área, não foi determinada metodologia específica para a obtenção dessa informação, nas duas primeiras leis anteriormente citadas, mas valores limites foram fixados para disciplinar a ocupação em encostas. Portanto, quanto mais precisa a cartografia e elaborada em escala adequada, maiores serão as condições dos técnicos municipais de harmonizar as ocupações com a legislação vigente.

Com a criação da Lei de Responsabilidade Fiscal – Lei Complementar 101/00 que responsabiliza os gestores pelos seus atos, os administradores municipais estão cada vez mais preocupados com a eficiência na gestão. Visando melhorar a gestão territorial, os técnicos municipais começaram a se preocupar e agora buscam informações organizadas, sistematizadas e confiáveis para auxiliar o planejamento, a execução de projetos, a tomadas de decisão e a tributação municipal. A carta cadastral e a folha topográfica, atualizadas, passam a ser as principais fontes de informação espacializada, contendo dados relevantes das características e da realidade de uma cidade, tanto na área urbana quanto na rural.

No Brasil, o Decreto 89.817/84 estabelece instruções reguladoras para a cartografia, mas somente para cartas inferiores a 1:25.000, conforme o Art. 7º:

*Art. 7º - As cartas em escala superiores a 1/25.000 terão articulação, formato e sistema de projeção regulados por norma própria, nos termos do art. 15 do DL 243/67.*

Com a inexistência de padrões claros de precisão e acurácia e como consequência a falta de avaliação dos produtos cartográficos em

escala grande no Brasil. Esta realidade acaba gerando muitas dúvidas aos usuários para identificar quais finalidades atendem a qualidade espacial da cartografia que se tem em mãos e o quanto são confiáveis os resultados gerados a partir deste material, pois há diferenças na necessidade de precisão de acordo com a finalidade. Uma carta para a definição da rede de saneamento deve ser muito mais precisa do que a carta para a definição da rede elétrica.

Baseado no fato de que há pouco conhecimento a respeito da qualidade geométrica dos produtos cartográficos produzidos para o uso dos municípios brasileiros, o presente estudo objetiva propor uma metodologia de avaliação da qualidade geométrica do sistema cartográfico municipal da cidade de Criciúma, SC, utilizando os vértices da rede de referência cadastral municipal, já implantados, como pontos de referência. O método deste estudo visa relacionar os pontos coletados na cartografia existente com os pontos de testes, levantados a partir da rede de referência cadastral, otimizando a distribuição dos erros e buscando atender o princípio de vizinhança.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Propor um método de avaliação geométrica do sistema cartográfico municipal, utilizando a rede de referência cadastral.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a qualidade posicional dos pontos da rede de referência cadastral utilizados;
- b) Avaliar a qualidade geométrica do sistema cartográfico municipal, utilizando a rede de referência cadastral municipal;
- c) Propor um método de avaliação da folha topográfica;



d) Propor um método de avaliação da carta cadastral;

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) nas administrações municipais está cada vez mais presente, seja pela diminuição do preço dos novos *hardwares*, disponibilidade de diversos *softwares* livres ou proprietários e também pela crescente conscientização dos gestores que passaram a investir menos do que o necessário, mas já compreenderam o SIG como vital para uma administração eficiente.

Para que os resultados dos processamentos de informações espaciais sejam satisfatórios é essencial que os dados introduzidos nos sistemas sejam de boa qualidade. Os SIG's têm a capacidade de integrar e cruzar informações de dados com diferentes escalas e precisões, sejam estes vetoriais, matriciais, MDT (Modelo Digital de Terreno), entre outros. Utilizando a localização espacial desta forma, nos produtos gerados no SIG, estarão agregados os erros dos dados de origem, podendo fornecer resultados não coerentes com a realidade, dependendo da magnitude destes erros.

Para estimar a precisão dos resultados obtidos nos processamentos dos produtos de um sistema cartográfico municipal é vital que se conheça a qualidade geométrica de suas duas principais cartas, a topográfica e a cadastral. Estas são base para as demais, permitindo assim aceitação, ou não, dos valores alcançados de acordo com uma precisão pré-estabelecida para determinada finalidade.

A avaliação de cartas em escalas grandes, utilizando a rede de referência cadastral, fornecerá indicadores de qualidade geométrica relevantes das mesmas, pois a rede é a base geodésica materializada no terreno em que todas as cartas existentes ou futuramente geradas devem estar obrigatoriamente amarradas. Os indicadores obtidos poderão ser utilizados para avaliar levantamentos realizados em épocas diferentes e com métodos distintos, se estes têm ou não qualidade espacial para complementar uma carta já existente, flexibilizando a atualização.

Este método poderá ser utilizado também para fiscalizar a entrega de produtos cartográficos de um determinado local que possua rede de referência cadastral, possibilitando a verificação do atendimento ou não aos requisitos de qualidade geométrica previstos em edital.

É imprescindível o conhecimento prévio da qualidade geométrica do sistema cartográfico municipal. A desconsideração desta informação pode ocasionar aceitação de resultados equivocados e até mesmo não atingir os objetivos propostos, prejudicando todos os trabalhos que tem a cartografia como fonte de referência.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos:

No capítulo 1 contextualiza-se o trabalho, destacando a importância da cartografia precisa e em escala adequada para uma gestão municipal eficaz. São descritos neste capítulo os objetivos da realização deste trabalho, finalizando com a apresentação da justificativa que motivou o estudo.

No capítulo 2, denominado revisão da literatura, são abordados temas e conhecimentos necessários ao desenvolvimento da pesquisa: Sistema Geodésico Brasileiro, Rede de referência cadastral municipal, Sistema cartográfico municipal, Projeção Cartográfica, Tipos de erros, Precisão e acurácia, Legislação cartográfica, Acurácia necessária para levantamentos cadastrais no Brasil e Análise estatística.

No capítulo 3 relata-se sobre os materiais e métodos adotados no desenvolvimento desta dissertação, bem como a localização da área de estudo.

No capítulo 4 são apresentados os resultados e as análises obtidas nesta pesquisa: avaliação da qualidade posicional dos pontos da rede de referência cadastral e a avaliação da qualidade geométrica da cartografia municipal.

No capítulo 5 apresentam-se as conclusões a partir dos resultados obtidos e as recomendações para trabalhos futuros.

No capítulo 6 são listadas as referências que fundamentaram esta dissertação.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO (SGB)

Um sistema geodésico é caracterizado por cinco parâmetros: dois parâmetros definidores do elipsóide de referência, semieixo maior ( $a$ ) e o achatamento ( $\alpha$ ). Três parâmetros definidores da orientação desse modelo em relação ao corpo terrestre que podem ser as componentes principais do desvio da vertical e a ondulação do geóide no datum.

Na maioria dos sistemas geodésicos existentes foi arbitrado valor nulo para os três parâmetros acima, levando a tangência da superfície do geóide e do elipsóide no datum.

No Brasil, o datum planimétrico utilizado para levantamentos geodésicos até 1979 era o Córrego Alegre, cujo sistema de referência tinha o mesmo nome. Após desta data, o sistema de referência brasileiro passou a ser SAD 69.

De acordo com IBGE (2002), com o objetivo de se compatibilizar os sistemas geodésicos utilizados pelos países da América do Sul, o projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) foi criado com vistas a promover a definição e o estabelecimento de um referencial único compatível em termos de precisão com a tecnologia atual. Então, no Decreto nº 5334/2005, assinado em 06/01/2005, foi dada nova redação ao artigo 21 e revogado o artigo 22 do Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Com a nova redação ficou definido o SIRGAS, em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000), como referenciais planimétrico e altimétrico para novo sistema de referência geodésico. O Decreto 89.817/84 também estabeleceu o período de transição, não superior a dez anos após a assinatura. Na Tabela 1, é possível observar os sistemas geodésicos adotados pelo Brasil.

**Tabela 1: Características dos sistemas geodésicos brasileiros**

<b>Sistema de Referência</b>	<b>Córrego Alegre</b>	<b>SAD 69</b>	<b>SIRGAS 2000</b>
Data	Até 1979	Após 1979	2014
Datum	Córrego Alegre	Astro Chuá	-
Elipsóide	Hayford	UGGI 1967	GRS 80
a	6.378.388 m	6.378.160 m	6.378.137
f	1/297	1/298,25	1/298,257
Orientação do referencial	Topocêntrico	Topocêntrico	Geocêntrico

As razões para a adoção de um referencial único e geocêntrico segundo Fortes (2004) são:

- Unificação do mapeamento nacional;
- Compatibilização com os sistemas globais adotados em outras partes do globo terrestre;
- Compatibilização com os sistemas de referências adotados nos sistemas de posicionamento GNSS;
- Facilitar a demarcação de fronteiras com os demais países da América do Sul.

A adoção do SIRGAS como o novo referencial visa garantir a precisão dos levantamentos e suportar uma infraestrutura de dados espaciais consistente e homogênea no Brasil. (Fortes, 2004)

## 2.2 REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL

Para a elaboração de qualquer documento do sistema cartográfico municipal é necessário um referencial único e com precisão conhecida, que possibilite a produção, integração e a atualização de produtos cartográficos elaborados com diferentes técnicas e em épocas distintas.

A RRCM brasileira é definida pela NBR 14.166/98 como:

“Rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de

obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planimétricas, materializados no terreno, referenciados a uma única origem (Sistema Geodésico Brasileiro - SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica, permitindo a amarração e consequente incorporação de todos os trabalhos de topografia e cartografia na construção e manutenção da planta cadastral e planta geral do município, sendo esta rede amarrada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB); fica garantida a posição dos pontos de representação e a correlação entre os vários sistemas de projeção ou representação.”

Conforme Santos et al (2007), a RRCM proporciona apoio fundamental para desenvolver e controlar projetos de natureza diversa, projetos de engenharia, cadastro e atualização cadastral, bem como, implantação e gerenciamento de obras públicas e/ou privadas.

Segundo Blachut (1979), a rede de referência cadastral deve ser considerada um bem público. A falta desta estrutura pode trazer grande aumento nos custos e dificuldades com todos os levantamentos dentro da cidade. Outra consequência negativa é a inexistência de integração dos levantamentos produzidos por diversos profissionais em um mesmo município, uma determinada área poderá ser levantada várias vezes devido à inexistência de um referencial comum.

Com os pontos de referência materializados no terreno garante-se que a origem dos levantamentos, independente dos métodos, estes definidos em Hasenack (2000), seja ele clássico (polar, alinhamento ou ortogonal), moderno (fotogrametria ou posicionamento pelo GNSS) ou da época que está sendo realizado, esteja bem definida espacialmente.

Blachut (1979) comenta que idealmente, toda cidade deveria estar coberta por uma densa rede de pontos uniformes e simultaneamente compensados. Com o objetivo de obter uniformidade nas operações de densificação da rede, deve-se estabelecer primeiramente uma rede de controle de ordem superior, apoiando os levantamentos de densificação.

O projeto de uma rede é composto de duas etapas: planejamento e implantação.

No planejamento de uma rede de referência deve-se sempre buscar a integridade permanente da mesma. A implantação dos marcos deve ocorrer em lugares onde todos os usuários terão acesso fácil. Os locais ideais para implantação dos vértices são as áreas públicas, em que os interessados tenham possibilidade de uso sem restrição. Caso seja necessária a implantação de um ponto dentro de áreas privadas, o

proprietário deve ser notificado e informado da importância do vértice para os trabalhos de mensuração. Muitos vértices materializados são destruídos ou deslocados por pessoas que desconhecem seu valor para o sistema cartográfico municipal. A monumentação destes pontos, sempre que possível, deve ser discreta, na tentativa de evitar a ação de vandalismo.

Com o uso da tecnologia de posicionamento GNSS (Global Navigation Satellite Systems, em português Sistema Global de Navegação por Satélite), a observação dos obstáculos dos sinais dos satélites é fundamental para a implantação das redes de referência cadastrais modernas, procurando sempre evitar locais desfavoráveis para o uso desta técnica.

A precisão posicional exigida na implantação de uma rede moderna elaborada com o emprego da tecnologia GNSS, para Seeber (2003), depende dos objetivos, do número e tipo de receptores disponíveis e das condições de logística. Segundo o autor, as classes de usuários podem ser definidas, mas os limites de precisão são discutíveis, como pode ser observado na Tabela 2:

**Tabela 2: Classes de Usuários GPS**

<b>Classe</b>	<b>Exatidão da resultante (m)</b>
Exploração Geofísica Georreferenciamento (baixa precisão)	1 ... 50
Mapas topográficos (escalas pequenas) Sistemas de controle de veículos	0,2 ... 1
Levantamento Cadastrais Levantamentos de engenharia (média precisão)	0,01 ... 0,2
Geodésia Levantamentos de engenharia (alta precisão)	$\leq 0,01$ ... 0,05
Geodinâmica Levantamentos de engenharia (altíssima precisão)	0,001 ... 0,02

FONTE: Adaptação de Seeber (2003)

Na execução de uma rede de referência cadastral, para Blachut (1979), as distribuições dos pontos da RRCM devem ser realizadas de forma que permitam ao profissional amarrar o seu levantamento de

detalhes no mínimo dois vértices da rede. De outra forma, o aproveitamento da rede torna-se antieconômico.

A configuração ideal de uma rede de referência cadastral consiste em uma área composta por triângulos regulares ou equiláteros, sendo que na prática é bastante complicado alcançar esta configuração, visto as dificuldades encontradas em campo, destacando-se os acidentes naturais, as construções, vegetação, entre outros elementos que dificultam a obtenção desta condição.

A rede de referência deve ser implantada com 1/3 da precisão desejada dos pontos a serem determinados a partir da RRCM. Isto significa que, para quase 100% ( $3\sigma = 99,75\%$  da distribuição normal) das medições sem erros grosseiros e com erros sistemáticos corrigidos, alcancem a precisão pré-estabelecida, permanecendo dentro da tolerância.

As referências planimétricas e altimétricas dos pontos da RRCM podem ser implantadas por técnicas diferentes, mas é desejável que estejam materializados em campo no mesmo monumento.

A NBR 14166/1998 preconiza na implantação de RRCM, próximo a esta deve-se eleger um vértice de primeira ordem em bom estado para servir de amarração ao sistema geodésico brasileiro e adotar o sistema geodésico SAD 69 (Datum Sul-Americano de 1969). A elaboração da norma foi anterior à resolução do presidente (R.PR 1/2005) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o qual alterou a caracterização do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), adotando um novo referencial geodésico, o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), portanto para a execução de uma RRCM atualmente é necessária a amarração ao novo sistema.

A execução de uma RRCM visa facilitar a integração das informações posicionais e reduzir custos para toda a sociedade eliminando os retrabalhos em levantamentos repetidos sobre a mesma área.

## 2.3 SISTEMA CARTOGRÁFICO MUNICIPAL

O sistema cartográfico municipal é definido pela NBR 14.166 como:

“Conjunto de documentos cartográficos estruturados a partir da implantação da Rede de Referência Cadastral, básico para o levantamento de informações territoriais no

âmbito municipal, elaborados de forma sistemática e apoiados na Rede de Referência Cadastral Municipal. Este conjunto é constituído pelas folhas da Folha topográfica do Município e pelas folhas da Planta Cadastral Municipal, da Planta de Referência Cadastral, das Plantas Indicativas de Equipamentos Urbanos, da Planta de Valores Genéricos de Terreno e das Plantas de Quadra, com enquadramento, desdobramento e codificação realizados a partir da Folha topográfica do Município, que, por sua vez, tem suas folhas enquadradas e desdobradas a partir das correspondentes folhas de carta do Sistema Cartográfico Nacional (1:1 000 000 - 1:500 000 - 1:250 000 - 1:100 000 - 1:50 000 - 1:25 000), na sua maior escala”.

A carta cadastral e a folha topográfica são as duas cartas básicas do sistema cartográfico municipal. As outras cartas que compõem o sistema têm como base uma ou as duas anteriores mais as informações temáticas. Frequentemente, a folha topográfica em escala grande é equivocadamente denominada carta ou mapa cadastral, devido à primeira permitir a visualização de lotes urbanos. Visando esclarecer as diferenças entre as duas são apresentados os conteúdos que cada uma das cartas deve conter.

### **2.3.1 Folha topográfica**

A topografia é definida, segundo McCormac (2007), como uma ciência que trata da determinação das dimensões e contornos da superfície da Terra, através da medição de distâncias e altitudes.

O objetivo da topografia, segundo Loch e Cordini (1995), é a obtenção da planta topográfica, isto é, a determinação e representação do contorno, dimensões e posição relativa de uma porção da superfície terrestre, com todos os detalhes necessários.

A carta ou planta topográfica (planta quando o levantamento e a representação gráfica forem realizados sobre um plano de referência) tem como finalidade principal a representação das feições naturais ou artificiais da superfície terrestre, como lagos, rios, relevo, vegetação, infraestrutura, etc. Independente da escala e do detalhamento da folha topográfica, esta jamais será uma carta cadastral, pois não é o objetivo



da topografia a determinação dos limites legais, mas sim da agrimensura e do cadastro.

Em topografia adota-se como erro máximo tolerável para uma carta o erro 0,2 mm na escala. Este valor é equivalente a duas vezes a acuidade visual humana de acordo com a NBR 13.133/1994.

### **2.3.2 Carta cadastral**

Para compreender o conceito de carta da cadastral, se faz necessário definir o que é cadastro.

Kaufmann e Steudler (1998) definem em uma publicação da FIG, cadastro como:

“Um inventário público, metodicamente ordenado, de dados relativos às propriedades de determinado país ou distrito, baseado na medição de seus limites. As propriedades são identificadas de maneira sistemática por meio de designação distintiva. Os limites da propriedade e o identificador da parcela se apresentam em plantas com escalas grandes, que juntos com outros registros podem mostrar por propriedade, o uso, as dimensões, o valor e os direitos legais associados a cada parcela. O cadastro responde as perguntas quem, onde e quanto.”

A carta cadastral é também denominada conforme a definição de Philips (1996):

“Carta de cadastro imobiliário: base gráfica, que representa a situação geométrica de uma propriedade (lote ou parcela) no contexto de outras propriedades em forma de uma ‘carta cadastral’ em escala adequada (entre 1:500 nos centros urbanos, e até 1:5.000 em área agrárias ou 1: 10.000 em florestas), contendo em primeiro lugar os ‘bens imobiliários’, que são as delimitações parcelas, casas e prédios e outras edificações construídas nas parcelas.”

A principal finalidade da carta cadastral é a representação dos limites legais, do uso e edificações de cada parcela, discriminando-a em relação às outras.

No Brasil temos um padrão de acurácia estabelecido pela Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais para os vértices definidores

de limites de cada parcela na área rural, este é menor que 50 cm. Porém, para carta cadastral urbana não foi ainda estabelecido nenhum limite de acurácia.

Para Meer (2007), no estabelecimento de um padrão de precisão e acurácia para o levantamento cadastral devem ser levados em considerações dois aspectos: qual a necessidade e qual a precisão e acurácia possível de ser alcançada.

## 2.4 PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA

Para a representação da superfície da Terra é necessário considerar a curvatura terrestre. A negligência deste fato acarreta em grandes erros, proporcionais a extensão representada.

Loch (2006) salienta que como não há possibilidade de uma representação absolutamente rigorosa, o homem procurou soluções cartográficas aproximadas, conhecidas como projeções cartográficas.

Segundo Karnaukova (2003), a projeção cartográfica representa um método matemático escolhido para a representação da superfície curva da terra sobre um plano.

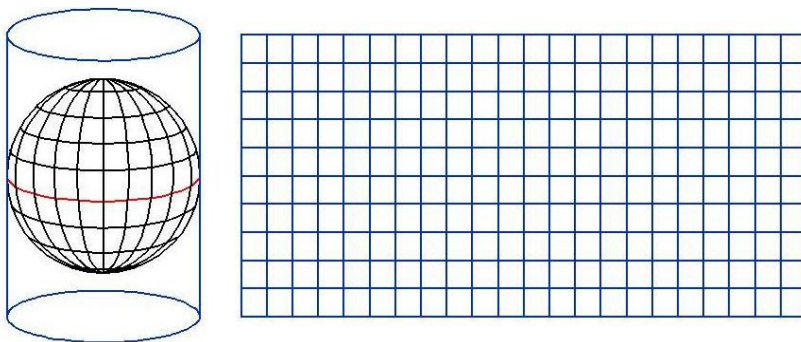
Mesmo com o uso de projeções cartográficas, nenhum mapa será exato, estará sempre presente algum tipo de deformação na representação.

### 2.4.1 Classificação do sistema de projeção cartográfica

Quanto à superfície empregada, as projeções podem ser classificadas em:

- Projeções Cilíndricas;
- Projeções Cônicas;
- Projeções Planas ou Horizontais.

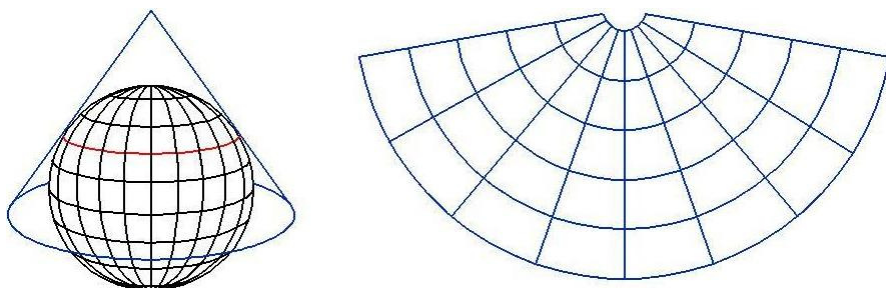
As Projeções Cilíndricas são obtidas a partir do desenvolvimento da superfície de um cilindro que envolve a esfera para a qual se faz o transporte das coordenadas esféricas. (Figura 1)



**Figura 1: Superfície Cilíndrica**

Em todas as projeções cilíndricas os meridianos e paralelos são retas perpendiculares, como na esfera, que pode ser tangente ou secante.

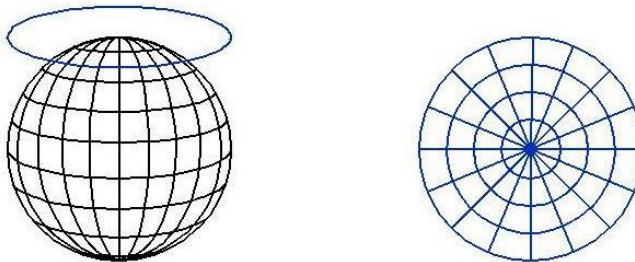
As projeções cônicas são obtidas pelo desenvolvimento da superfície de um cone que envolve a esfera. (Figura 2)



**Figura 2: Superfície Cônica**

Os meridianos são retas que convergem em um ponto, que representa o vértice do cone e todos os paralelos são circunferências concêntricas a este ponto. As projeções cônicas também podem ser tangentes ou secantes.

As projeções planas ou horizontais são obtidas pela transposição das coordenadas sobre um plano colocado em posição determinada em relação à esfera. A superfície do globo é, então, projetada sobre um plano a partir de um centro de perspectiva ou ponto de vista. (Figura 3)



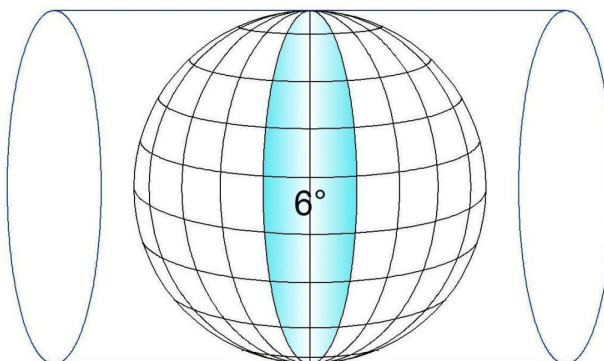
**Figura 3: Superfície Plana**

### 2.4.2 Sistema de Projeção UTM (Universal Transverso de Mercator)

Fernandes (2006) afirma que até hoje a projeção UTM foi a mais utilizada para os levantamentos cadastrais em todo território brasileiro, proveniente de uma extrapolação da legislação cartográfica - decreto N°. 89.817/84 - que a prescreve para cartas e mapas para escalas menores que 1:25.000.

O nome Universal é devido à utilização do elipsóide de Hayford (1924), que era conhecido como elipsóide Universal. E transversa é uma alusão à posição ortogonal do eixo do cilindro em relação ao eixo menor do elipsóide.

Para reduzir as deformações devido a curvaturas terrestres, a área representada pela projeção UTM foi limitada em um fuso de  $6^\circ$  de amplitude, como pode ser observado na Figura 4:



**Figura 4: Cilindro Transverso**

Para a representação do globo terrestre, o sistema é composto por 60 fusos com amplitude de  $6^\circ$  em longitude, numerados de 1 a 60, a partir do antimeridiano de Greenwich, seguindo de oeste para leste.

Segundo Philips (1998), o sistema UTM foi recomendado pela IUGG para cartografia em escalas pequenas ou médias, aplicando esta projeção no mapeamento na escala 1:1000 deve-se contar com deformações maiores que podem chegar a valores de até 1m por km ou até  $2000\text{m}^2$  por  $\text{km}^2$ . Conforme o autor estas deformações são constantes, seu valor é zero no meridiano central de cada fuso, enquanto em cada canto a deformação é máxima.

## 2.5 TIPOS DOS ERROS

Ao ser executada uma medição, o agrimensor está consciente que jamais obterá o valor verdadeiro da medida, independente da precisão do instrumento e técnica utilizada. A diferença entre o valor verdadeiro e o valor encontrado na observação será maior quanto menor forem os cuidados no processo de obtenção da medida.

Repetindo a mesma medida em condições supostamente idênticas, se observará variações nos valores e estas causadas por erros, podendo ser associadas segundo Gemael (2004):

- a. *à falibilidade humana;*
- b. *à imperfeição do equipamento;*
- c. *à influência das condições ambientais.*

Os erros são classificados de acordo com sua origem, sendo as classes:

- a. erros grosseiros;
- b. erros sistemáticos;
- c. erros aleatórios;

Erros grosseiros: são causados geralmente por falha humana, em cálculos equivocados, imperícia ou descuido do operador nas observações, anotações erradas. Mas podem estar presentes também em medidas eletrônicas, quando estas apresentarem ruídos. Os erros grosseiros são facilmente detectados com a repetição das medidas.

Erros sistemáticos: quando presentes nas medições, segundo Greenwalt e Schultz (1968) são geralmente constantes em magnitude e sinal. Nas medições geodésicas são causados por imperfeições ou má aferição dos instrumentos, influência atmosférica, entre outros. Os erros

sistemáticos podem ser reduzidos ou eliminados conhecendo a fonte do erro, como por exemplo: a temperatura e pressão influenciam a medida eletrônica de distância, estas influências já foram estudadas e parametrizadas, então após toda medição efetua-se a correção para reduzir o erro sistemático devido às condições atmosféricas. Os equipamentos mais modernos (estações totais atuais) já efetuam essa correção automaticamente.

Erros aleatórios: são os erros que continuam presentes após serem eliminados os erros grosseiros e os erros sistemáticos. Para Greenwalt e Schultz (1968), os erros aleatórios resultam de fatores acidentais e desconhecidos e fogem do conhecimento do observador. São caracterizados por:

1. *variação em sinal - erros positivo e negativo, ocorrendo com a mesma frequência;*
2. *erros de menor magnitude ocorrem com maior frequência que os erros maiores;*
3. *erros extremamente grandes raramente ocorrem.*

## 2.6 PRECISÃO E ACURÁCIA (EXATIDÃO)

Frequentemente os termos precisão e acurácia (exatidão) são usados para avaliar a qualidade estatística de um conjunto de grandezas, os quais causam certas confusões quando interpretados como sinônimos.

Segundo Gemael (2004), na língua inglesa o termo, *accuracy e precision*, que apesar de aparentados não são sinônimos, podem ser traduzidos para acurácia e precisão.

A precisão é um indicador de dispersão em torno do valor médio, refletindo a magnitude limite do erro em uma medição. Segundo Gemael (2004), o termo precisão está vinculado apenas a efeitos aleatórios (a dispersão das observações).

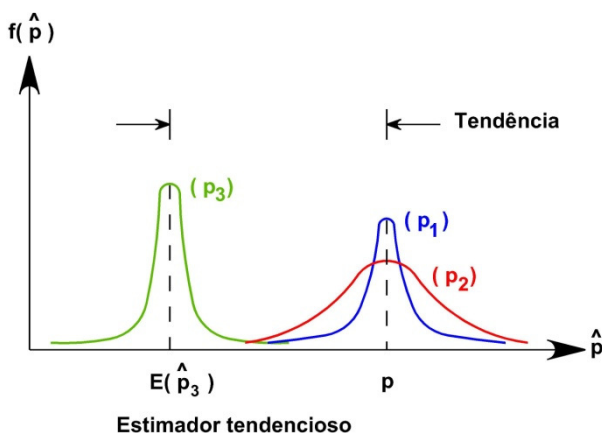
Já a acurácia pode ser entendida como sinônimo de exatidão, esta última mais usada na cartografia.

A acurácia indica o quanto determinada medida se afasta do valor verdadeiro. Para Gemael (2004), acurácia vincula-se aos efeitos aleatórios e sistemáticos.

A acurácia está associada aos erros sistemáticos e aleatórios e a precisão somente aos erros aleatórios. Para Monico et al (2009), um

conjunto de medidas que não apresenta erros sistemáticos, os valores de acurácia e precisão se confundem.

Na Figura 5 está representada a distribuição normal ou de Gauss, de três conjuntos de medidas ( $p_1$ ,  $p_2$  e  $p_3$ ).  $p_3$  possui boa precisão mas acurácia ruim, pois está mais afastado do valor considerado “verdadeiro” ( $p$ ), enquanto  $p_1$  e  $p_2$  possuem a mesma tendência, mas precisões diferentes,  $p_1$  possui valores mais concentrados próximos a média, do que  $p_2$ . Segundo Monico et al (2009), o conjunto de medidas  $p_1$  e  $p_2$  não possuem mesma acurácia, mas o que ocorre é a ausência de tendência ou tendência semelhante. O  $p_1$  é mais acurado do que  $p_2$ , por ter menos influência dos erros aleatórios.



**Figura 5: Acurácia e Precisão**

Fonte: Adaptação de Monico et al (2009 apud Mikhail e Ackerman, 1976)

## 2.7 LEGISLAÇÃO CARTOGRÁFICA

### 2.7.1 Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional – Decreto 89.817/84

O Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984 estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional para cartas com escalas pequenas, não abrangendo as cartas com escalas grandes como pode ser observado no Art. 7º, embora, muitas vezes esta

regulamentação seja ignorada e utilizada de forma equivocada para avaliação de cartas em escalas maiores que 1:25.000.

*Art. 7º - As cartas em escalas superiores a 1/25.000 terão articulação, formato e sistema de projeção regulados por norma própria, nos termos do art.15 do DL 243/67.*

Para as cartas com escalas inferiores a 1:25.000, o decreto define o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o Erro Padrão (EP) como sendo os principais indicadores de qualidade para as cartas produzidas no Brasil. Toda cartografia elaborada no território nacional é classificada de acordo com os parâmetros do Decreto 89.817/89 quanto à sua exatidão.

*Art.8º*

*As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, segundo o critério abaixo indicado:*

*1. Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico - estabelecido.*

*2. Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas-de-nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico - estabelecido.*

O Decreto 89.817/89, não define um tamanho mínimo da amostra para a avaliação cartográfica, mas estabelece que o erro padrão (pode ser entendido como desvio padrão, como descrito no §4º) obtido na comparação dos pontos de uma carta com os seus homólogos no terreno, deverá ser multiplicado por 1,6449 (fator para obtenção de 90% de probabilidade de acordo com a distribuição normal), e este valor confrontado com a PEC, verificando em qual classe a carta avaliada se enquadra:

*§1º Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.*



§2º A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão -  $PEC = 1,6449 EP$ .

§3º O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

§4º Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes às expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.

$$EP_X = \sqrt{\frac{\sum(X_{carta} - X_{teste})^2}{n}} \quad (1) \quad EP_Y = \sqrt{\frac{\sum(Y_{carta} - Y_{teste})^2}{n}} \quad (2)$$

$$PEC = EP \times 1,6449 \quad (3)$$

No Art. 9º do Decreto 89.817/84, estabelece que as cartas produzidas em território brasileiro devem ser classificadas em 3 classes:

Art.9º - As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios seguintes:

a- Classe A

1. Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2. Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

b- Classe B

1. Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2. Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quintos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de dois quintos o Erro-Padrão correspondente.

*c- Classe C*

1. *Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.*

2. *Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quartos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de metade desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.*

Na tabela 3 é apresentado um resumo das classes estabelecidas pelo Decreto 89.817/84, com seus respectivos PEC e EP, planimétrico e altimétrico.

**Tabela 3: Resumo dos indicadores estatísticos**

Classe	Planimétrico		Altimétrico	
	PEC	EP	PEC	EP
A	0,5 mm	0,3 mm	1/2 Eq dist	1/3 Eq dist
B	0,8 mm	0,5 mm	3/5 Eq dist	2/5 Eq dist
C	1,0 mm	0,6 mm	3/4 Eq dist	1/2 Eq dist

### **2.7.2 Padrão Nacional para Acurácia de Dados Espaciais (*National Standart for Spatial Data Accuracy - NSSDA*)**

A NSSDA - *National Standart for Spatial Data Accuracy* (em português: padrão nacional para acurácia de dados espaciais) é a atual norma americana que tem como objetivo estabelecer metodologia para avaliar a acurácia de mapas digitais e dados espacializados oriundos de diversas fontes como sensoriamento remoto ou levantamentos em campo.

É estabelecido na NSSDA um valor mínimo para o tamanho da amostra de teste, esta não pode ser menor que 20 pontos. Os pontos de testes medidos no terreno deverão ser obtidos por meios mais precisos que os utilizados para a confecção da carta avaliada. A acurácia deverá ser obtida com um nível de confiança de 95%.

É utilizado o erro médio quadrático (*Root Mean Square Error – RMSE*) para avaliação da precisão. O RMSE é obtido pela raiz quadrada da soma dos quadrados da diferença entre as coordenadas da carta com as coordenadas homólogas do terreno dividido pelo tamanho da amostra.

$$RMSE_X = \sqrt{\frac{\sum (X_{data,i} - X_{check,i})^2}{n}} \quad (4)$$

$$RMSE_Y = \sqrt{\frac{\sum (Y_{data,i} - Y_{check,i})^2}{n}} \quad (5)$$

$$RMSE_Z = \sqrt{\frac{\sum (Z_{data,i} - Z_{check,i})^2}{n}} \quad (6)$$

Onde:

$X_{data,i}, Y_{data,i}, Z_{data,i}$  = coordenadas obtidas na carta avaliada;

$X_{check,i}, Y_{check,i}, Z_{check,i}$  = coordenadas de teste obtidas no terreno;

$n$  = número de pontos testados.

#### 2.7.2.1 Cálculo da acurácia horizontal:

$$\begin{aligned} RMSE_r &= \sqrt{\frac{\sum (X_{data,i} - X_{check,i})^2 + \sum (Y_{data,i} - Y_{check,i})^2}{n}} \\ &= \sqrt{RMSE_X^2 + RMSE_Y^2} \quad (7) \end{aligned}$$

A NSSDA estabelece dois casos, para a avaliação da cartografia:

1º caso: se  $RMSE_X = RMSE_Y$ ,

então:

$$RMSE_r = \sqrt{2 \times RMSE_X^2} = \sqrt{2 \times RMSE_Y^2} \quad (8)$$

$$RMSE_r = 1,4142 \times RMSE_X = 1,4142 \times RMSE_Y \quad (9)$$

$$\frac{RMSE_r}{1,4142} = RMSE_X = RMSE_Y \quad (10)$$

Se os erros sistemáticos foram eliminados, os erros aleatórios são distribuídos de forma independente em cada componente (X,Y). Para o cálculo da acurácia horizontal, utiliza-se o fator de 2,4477, para o com nível de confiança de 95%, conforme a função de distribuição de probabilidade circular. (Greenwalt e Schultz 1968)

$$Acur. hor. = 2,4477 \times RMSE_X = 2,4477 \times RMSE_Y \quad (11)$$

$$Acur. hor. = 2,4477 \times \frac{RMSE_r}{1,4142} = 1,7308 \times RMSE_r \quad (12)$$

2º caso: se  $RMSE_X \neq RMSE_Y$ ,  
então:

Se  $RMSE_{\min}/RMSE_{\max}$  (onde  $RMSE_{\min}$  é o menor valor entre  $RMSE_X$  e  $RMSE_Y$ ,  $RMSE_{\max}$  é o maior valor) estiver entre o intervalo de 0,6 à 1, o valor da acurácia pode ser obtido com a seguinte fórmula:

$$Acur. hor. \cong 2,4477 \times 0,5 \times (RMSE_X + RMSE_Y) \quad (13)$$

$$Acur. hor. \cong 1,2238 \times (RMSE_X + RMSE_Y) \quad (14)$$

A NSSDA utiliza como valor de referência os padrões de acurácia para os mapas em escala grande estabelecidos pela ASPRS (Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto - *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*). Os padrões de acurácia para cada escala podem ser observados na Tabela 4:

**Tabela 4: Padrão de acurácia planimétrica ASPRS (1989)**

<b>Classe1 Acurácia planimétrica (N ou E) Limite do RMSE (m)</b>	<b>Escala do Mapa</b>
0,0125	1:50
0,025	1:100
0,050	1:200
0,125	1:500
0,25	1:1.000

<b>Classe1 Acurácia planimétrica (N ou E) Limite do RMSE (m)</b>	<b>Escala do Mapa</b>
0,50	1:2.000
1,00	1:4.000
1,25	1:5.000
2,50	1:10.000
5,00	1:20.000

FONTE: Adaptação de ASPRS (1989)

### 2.7.2.2 *Cálculo da acurácia vertical:*

Conforme a norma americana, assumindo que os erros sistemáticos tenham sido eliminados e os erros aleatórios seguem a distribuição normal, utiliza-se o fator de 1,96 para o cálculo do erro altimétrico com nível de confiança de 95%.

$$Acurácia\ vertical = 1,96 \times RMSE_z \quad (15)$$

A NSSDA define a tolerância para a componente vertical com a seguinte equação:

$$t_v = 0,5958 \times EC \quad (16)$$

Onde:

$t_v$  = Tolerância vertical;

$EC$  = equidistância das curvas de nível

### 2.7.3 Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais – NGIR

O georreferenciamento de imóveis rurais é um levantamento cadastral, pois tem como finalidade o levantamento e demarcação dos limites legais das propriedades rurais brasileiras. A segunda edição da norma de georreferenciamento de imóveis rurais foi criada, conforme a mesma para:

Estabelecer os preceitos técnicos aplicáveis aos serviços de agrimensura, relacionados com as atividades fundiárias, objetivando a caracterização e o

georreferenciamento de imóveis rurais por meio de levantamento e materialização de seus limites e posterior certificação desse trabalho junto ao INCRA.

Assegurando de acordo com a primeira edição da norma anteriormente citada a homogeneização e a sistematização das operações geodésicas, topográficas, cadastrais e a representação destas atividades, possibilitando a atualização do Sistema Nacional do Cadastro Rural – SNCR e do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais – CNIR.

A NGIR (Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais) estabelece 3 classes de precisão, que são divididas de acordo com a finalidade: controle e cadastral, as quais tem a seguinte definição segundo a mesma norma:

Controle: fornecem arcabouço de pontos diversos com coordenadas e altitudes, destinadas à utilização em outros levantamentos de ordem inferior. São obrigatoriamente submetidos às reduções geodésicas e tem seus níveis de precisão definidos.

Cadastrais: destinados ao levantamento dos limites definidores das propriedades rurais, de sua superfície topográfica, de seus acidentes naturais, artificiais e culturais.

A NGIR estabelece em 0,5 m a precisão posicional para cada par de coordenadas, relativas a cada vértice definidor do limite do imóvel rural, nos levantamentos cadastrais. Enquanto na área urbana, até então, não se tem ainda uma definição de precisão para a determinação do limite dos imóveis.

A precisão posicional é referente à resultante horizontal obtida por:

$$PP = \sqrt{(\sigma E^2 + \sigma N^2)} \quad (17)$$

Onde:

$PP$  = *precisão nominal*

$\sigma E$  = *desvio padrão da componente E(m)*

$\sigma N$  = *desvio padrão da componente N(m)*

A Tabela 5 apresenta as classes definidas na segunda edição da NGIR quanto à finalidade e precisão:

**Tabela 5: Classe definida pela NGIR quanto à finalidade e precisão**

<b>Classe</b>	<b>Finalidade</b>	<b>Precisão (m)</b>
C1	Apoio básico/apoio imediato/limite	$\leq 0,10$
C2	Apoio imediato/limite	$\leq 0,20$
C3	Desenvolvimento de poligonal/limite	$\leq 0,40$
C4	Limite	$\leq 0,50$
C5	Limites naturais	$\leq 2,00$
C7	Limite - USO RESTRITO	*

FONTE: Adaptação de INCRA (2010)

Nos levantamentos cadastrais os pontos medidos geralmente estão bem definidos no terreno, como no caso NGIR que estabelece a monumentação dos vértices definidores das propriedades rurais, os quais discriminam mais de uma propriedade. Este fato permite a determinação de indicadores estáticos de qualidade para os pontos demarcados, facilitando assim a avaliação da qualidade posicional dos mesmos em qualquer época e por métodos diferentes, pois é possível localizar com exatidão o ponto medido. A qualidade posicional do georreferenciamento de uma parcela é verificada quando o imóvel lindeiro também passa pelo mesmo processo, as novas coordenadas determinadas nos vértices comuns são confrontadas e analisadas, não sendo aceita discrepância maior que a acurácia estabelecida na NGIR.

## 2.8 ACURÁCIA NECESSÁRIA PARA LEVANTAMENTOS CADASTRAIS NO BRASIL

Não há padrões de exatidão e precisão para as cartas cadastrais que representem o solo urbano no Brasil. Recentemente foram elaboradas as diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Técnico Multifinalitário – CTM, publicado no Diário Oficial da União em 07/12/2009, por meio da portaria 511, a qual não tem função de normalizar os trabalhos de levantamentos de dados espaciais, ficando a cargo de outra publicação mais específica.

Buscando realizar a avaliação da carta cadastral adotou-se a premissa de Meer (2007), para o estabelecimento de um padrão de

precisão e acurácia para os levantamentos cadastrais, devem ser levados em considerações dois aspectos:

- precisão e acurácia possível de ser alcançada;
- precisão necessária.

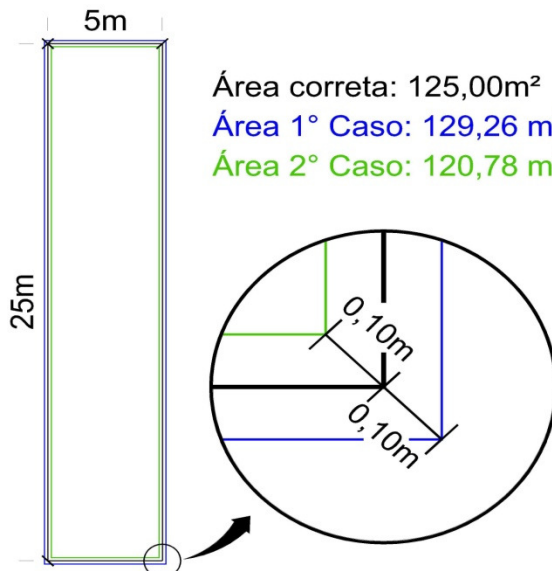
A definição de um valor para a acurácia, segundo Brandão (2003), deve também atender às exigências da Lei 10.406 – que instituiu o novo Código Civil, que estabelece o erro máximo de 5% (um vigésimo) na área de um imóvel a venda. Se a diferença for superior a este percentual, o comprador terá o direito de exigir o complemento da área ou abatimento proporcional ao preço.

Portanto, onde a acurácia terá maior influência no percentual definido no Código Civil será nos imóveis menores. A lei municipal de Criciúma, nº 3.901/99, dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, estabelece que o menor lote na cidade deva ter área mínima de 300,00m<sup>2</sup>, e testada não pode ter menos de 12,00m de testada, mas a Lei Federal nº 6.766/79 que dispõe sobre o parcelamento de solo, estabelece área mínima para um lote urbano de 125,00 m<sup>2</sup>, e com testada mínima de 5,00m.

Utilizando o lote mínimo estabelecido pela Lei nº 6.766/79, Brandão (2003) propôs tolerância posicional de  $\pm 0,10\text{m}$  para as coordenadas que definem os limites das parcelas territoriais em área urbanas brasileiras.

Considerando uma parcela com 5,00m x 25,00m foi obtido analiticamente o quanto 0,10m de acurácia influenciará esta área (Figura 6).





**Figura 6: Resolução analítica de área**

1. Caso: 0,10m de erro se concentram pelo lado externo do retângulo (5,00m x 25,00m), a área obtida é de: 129,26m².

Esta diferença na área representa o percentual de:

$$\left( \left( \frac{129,26}{125,00} \right) - 1 \right) * 100 = 3,41\% \quad (18)$$

2. Caso: 0,10 de erro se concentram pelo lado interno do retângulo (5,00m x 25,00m), a área obtida é de: 120,78m²

Esta diferença na área representa o percentual de:

$$\left( 1 - \left( \frac{120,78}{125,00} \right) \right) * 100 = 3,38\% \quad (19)$$

Portanto, nenhuma das duas possibilidades de concentração de erro no menor imóvel alcançaria o erro percentual máximo (5%) estabelecido no Código Civil Brasileiro.

## 2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na análise da qualidade de produtos cartográficos, segundo Galo e Camargo (1994), a precisão e a acurácia do produto avaliado devem ser consideradas. Assim, se faz necessário a descrição dos procedimentos para a análise de precisão e tendência.

### 2.9.1 Análise de precisão

Para realizar a análise de precisão, cada ponto avaliado, é obtida a discrepância entre as coordenadas dos pontos observados na carta e as medidas em campo com procedimentos e equipamentos de maior exatidão que os utilizados na confecção da carta, ou pode ser utilizada outra carta mais acurada com referência para a avaliação.

*2.9.1.1 Cálculo das discrepâncias entre as coordenadas ( $\Delta X_i, \Delta Y_i, \Delta Z_i$ ):*

$$\Delta X_i = X_i^c - X_i^t \quad (20)$$

$$\Delta Y_i = Y_i^c - Y_i^t \quad (21)$$

$$\Delta Z_i = Z_i^c - Z_i^t \quad (22)$$

Onde:

$X_i^c, Y_i^c, Z_i^c$  = coordenadas retiradas da carta;

$X_i^t, Y_i^t, Z_i^t$  = coordenadas de teste, obtidas em levantamento de maior precisão

*2.9.1.2 Média das discrepâncias entre as coordenadas ( $\overline{\Delta X}, \overline{\Delta Y}, \overline{\Delta Z}$ ):*

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (23)$$

$$\overline{\Delta Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta Y \quad (24)$$

$$\overline{\Delta Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta Z \quad (25)$$

2.9.1.3 *Desvio padrão das discrepâncias entre as coordenadas*  
 $(S_{\Delta X}^2, S_{\Delta Y}^2)$ :

$$S_{\Delta X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2} \quad (26)$$

$$S_{\Delta Y} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta Y_i - \overline{\Delta Y})^2} \quad (27)$$

$$S_{\Delta Z} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta Z_i - \overline{\Delta Z})^2} \quad (28)$$

A análise de precisão utiliza-se o teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ), o qual é descrito segundo Ariza (2002), para determinar o grau de dispersão dos erros aleatórios:

$$\chi_X^2 = (n-1) \frac{S_{\Delta X}^2}{\sigma_X^2} \quad (29)$$

$$\chi_Y^2 = (n-1) \frac{S_{\Delta Y}^2}{\sigma_Y^2} \quad (30)$$

$$\chi_Z^2 = (n-1) \frac{S_{\Delta Z}^2}{\sigma_Z^2} \quad (31)$$

Onde  $\sigma_X, \sigma_Y$  e  $\sigma_Z$  são, de acordo com Ariza (2002), a variância máxima aceitável nas respectivas componentes X, Y e Z.

Se for verificado que:

$$|\chi_X^2| \leq \chi_{(n-1, \alpha)}^2 \quad (32)$$

$$|\chi_Y^2| \leq \chi_{(n-1, \alpha)}^2 \quad (33)$$

$$|\chi_Z^2| \leq \chi_{(n-1, \alpha)}^2 \quad (34)$$

Então a carta a qual o valor do teste de qui-quadrado calculado for maior que o valor de qui-quadrado tabelado não atenderá a exigência para determinado padrão de precisão e está deverá ser refeita utilizando métodos e equipamentos mais precisos e/ou realizar o processo de levantamento e representação dos dados com mais cuidado e atenção.

## 2.9.2 Análise de tendência

A análise de tendência permite avaliar a acurácia da carta. O teste “t” de *Student* para Ariza (2002) é utilizado para verificar se os erros sistemáticos e aleatórios estão dentro do limite aceitável.

$$t_X = \frac{\overline{\Delta X}}{S_{\Delta X}} n^{1/2} \quad (33)$$

$$t_Y = \frac{\overline{\Delta Y}}{S_{\Delta Y}} n^{1/2} \quad (34)$$

$$t_Z = \frac{\overline{\Delta Z}}{S_{\Delta Z}} n^{1/2} \quad (35)$$

Se for verificado que:

$$|t_X| \leq t_{(n-1, \alpha_2)} \quad (36)$$

$$|t_Y| \leq t_{(n-1, \alpha_2)} \quad (37)$$

$$|t_z| \leq t_{(n-1, \alpha_2)} \quad (38)$$

Então a carta atende as condições de exatidão. Caso contrário, a existência de tendência em alguma direção significa, de acordo com Galo e Camargo (1994), a ocorrência de algum problema, se não houver erros grosseiros, sinaliza a presença de erros sistemáticos. Mas, conhecendo a fonte e sua respectiva magnitude, seu efeito pode ser minimizado, subtraindo de cada coordenada observada na carta o erro estimado.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cartografia a ser avaliada foi produzida para a administração municipal de Criciúma, município localizado na região carbonífera, no sul de Santa Catarina.

Criciúma está situada 200 km ao sul da capital do Estado, Florianópolis, possui uma área de 236 km<sup>2</sup> e uma população estimada pelo IBGE (2010) de 188.557 habitantes. Suas coordenadas geográficas extremas são as seguintes:

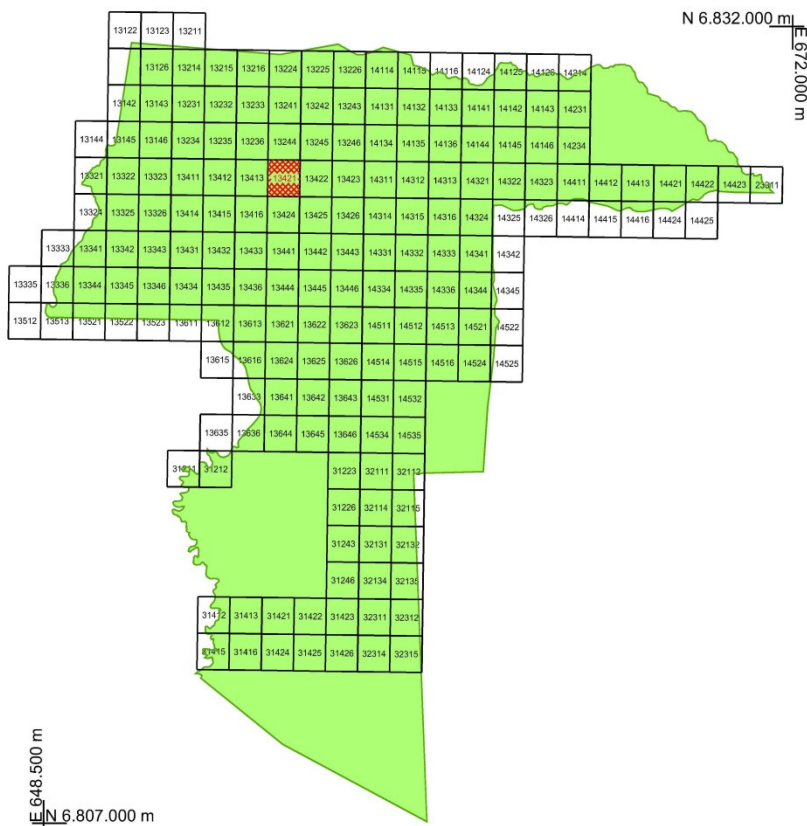
Faz divisa territorial com as seguintes cidades: ao norte com Morro da Fumaça, Cocal do Sul e Siderópolis, ao sul com Araranguá e Maracajá, ao leste com Içara e ao oeste com Nova Veneza e Forquilha.



**Figura 7: Localização da área de estudo**

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi selecionada uma das folhas em escala 1:2.000, especificamente a Folha 13.421, a qual representa parte dos bairros: Vila Francesa, Vila Floresta e Vila

Zuleima, ao noroeste do centro de Criciúma. A localização da Folha 13.421 na articulação da folha topográfica é apresentada na Figura 8:



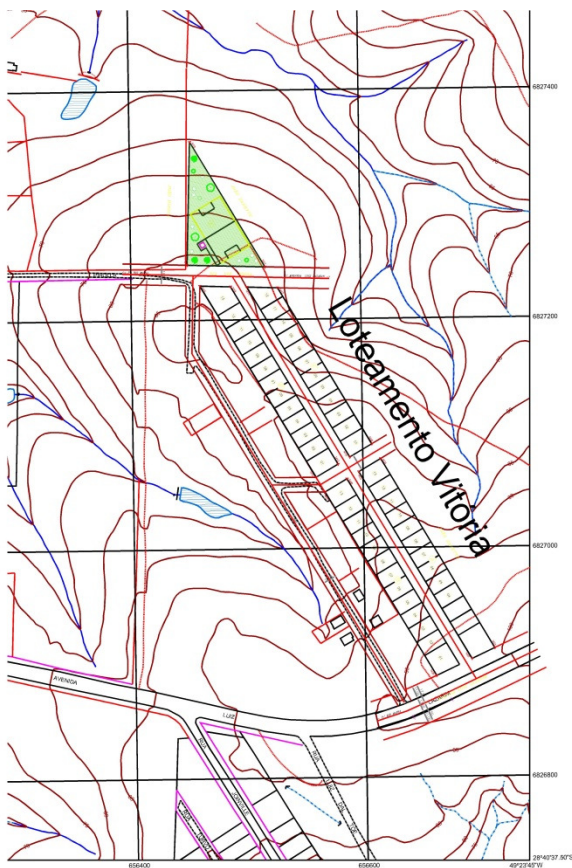
**Figura 8: Articulação das folhas topográficas em escala 1:2.000**

FONTE: Adaptação de Criciúma (2002)

Fazem parte do sistema viário de Criciúma a Ferrovia Teresa Cristina, a rodovia federal BR 101 e as estaduais SC 443, SC 444, SC445, SC 446, SC 447 e Rodovias Governador Jorge Lacerda e Luiz Rosso .

Sua hidrografia é constituída pelos seguintes rios: Maina, Sangão, Criciúma, das Antas, Ronco d' água, Tonim, Eldorado e 4ª Linha .

O loteamento Vitória, que também teve a sua planta avaliada, está situado na mesma área representada pela Folha 13.421 da folha topográfica do município de Criciúma, como pode ser observado na Figura 9:



**Figura 9: Localização do loteamento Vitória na Folha 13.421**

## 3.2 MATERIAIS

### 3.2.1 Dados para avaliação

Folha topográfica 13 421 na escala 1: 2000, elaborada em 2002;



Planta do loteamento Vitória, na escala 1: 2000, elaborado em 2004.

### **3.2.2 Equipamentos**

Nesta dissertação foi utilizado 1 (um) receptor GPS (L1/L2) para determinação das coordenadas para a avaliação da qualidade posicional dos pontos da RRCM e 1 (uma) estação total (7'' e 5mm+5ppm) visando o levantamento dos pontos de testes para a avaliação da qualidade geométrica tanto da folha topográfica quanto cadastral.

### **3.2.3 Softwares**

Foi feito o uso dos softwares: Topcon Tools (versão demo) para o processamento dos dados do receptor GPS, Topograph para o processamento dos dados topográficos coletados pela estação total, Auto Cad para a representação gráfica dos dados levantados, TransGeo para conversão de coordenadas, e o MAPGEO 2010 para a determinação da altura geoidal dos pontos em estudo.

## **3.3 MÉTODO**

### **3.3.1 Seleção da área de estudo e distribuição dos pontos de testes**

A cidade de Criciúma contava na data de entrega da rede de referência cadastral com 78 pares de vértices, distribuídos por todo o município, com condições favoráveis para amarração de todos os levantamentos a esta rede. Com o passar do tempo, muitos dos marcos foram destruídos, alguns por atos de vandalismo e outros por ignorância. Hoje o número de vértices utilizáveis está bastante reduzido.

A área de estudo abrange os bairros, Vila Francesa, Vila Zuleima e Vila Floresta, nos quais é possível encontrar dois pares de marcos da rede de referência cadastral intactos e um loteamento amarrados a estes,

a fim de reduzir o tempo gasto em campo, foi selecionada uma folha topográfica que representa esta área.

A distribuição dos pontos de teste buscou feições bem identificadas em campo e na folha topográfica, como cantos de muros e intersecções de ruas. Como a avaliação da cartografia ocorreu 8 anos após a elaboração da mesma, muitas feições existentes hoje não estavam presentes naquela data. Então, todos os detalhes com características mais antigas e bem identificáveis foram medidos.

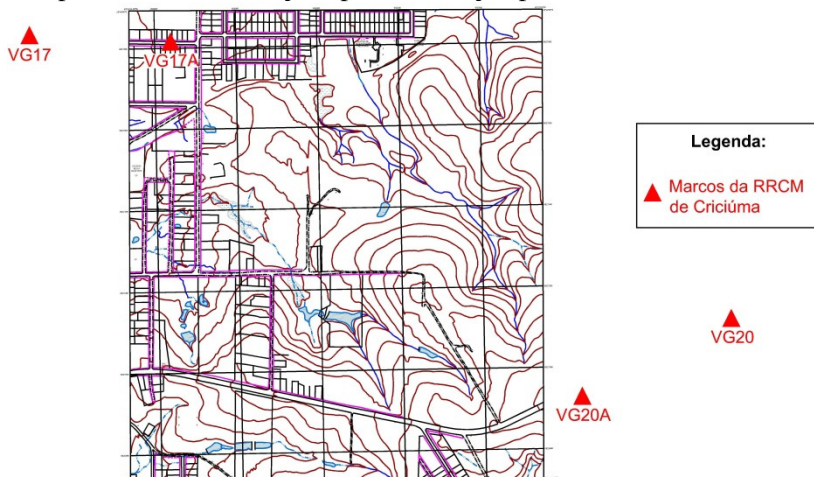
### 3.3.2 Avaliação dos pontos da rede de referência cadastral utilizados

Como estações base para o pós-processamento utilizou-se as estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) mais próximas: Imbituba (IMBT-94024), Lages (SCLA-94025) e Porto Alegre (POAL-91850), com distância aproximada da área de estudo de 88 km, 132 km e 228 km, respectivamente, representadas na Figura 10:



**Figura 10: Localização das estações da RBMC**

Os quatros vértices utilizados como referência de partida e chegada são os pontos mais próximos possíveis da folha topográfica e da planta cadastral avaliada (Figura 11). Os vértices também foram alvos de avaliação, pois muitos já foram perdidos e outros danificados e só é possível a identificação após a avaliação posicional do mesmo.



**Figura 11: Distribuição dos 4 vértices da RRCM avaliados**

FONTE: Adaptação de Criciúma (2002)

As monografias dos marcos VG17, VG17A, VG20 e VG20A estão ilustradas do anexo 1-4. As coordenadas dos vértices da RRCM avaliados são apresentadas na Tabela 6:

**Tabela 6: Descrição dos Marcos da RRCM de Criciúma avaliados**

Marco	Localização	Coordenadas UTM – SAD 69		
		N	E	Z
VG17	Rua: Argeu C. Teixeira Bairro: Vila Zuleima	6827826,781	655473,146	32,623
VG17A	Rua: Argeu C. Teixeira Bairro: Vila Zuleima	6827808,953	655839,52	42,357
VG20	Avenida: Luiz Lazarin Bairro: Maria Céu	6827131,299	657202,57	108,964
VG20A	Avenida: Luiz Lazarin Bairro: Maria Céu	6826939,796	656835,57	104,002

Para a avaliação dos marcos da RRCM foi utilizado um receptor geodésico (Topcon – Modelo: Legacy) de dupla frequência (portadoras L1 e L2), aplicando o método de posicionamento relativo estático, com sessão de rastreamento 1h conforme preconizado na NBR 14.166/1998, máscara de elevação de 15° e taxa de rastreamento de 15''.

O processamento das observações dos sinais GPS foi realizado no *software Topcon Tools*. Os arquivos de dados das estações de base, juntamente com os seus relatórios encontra-se disponível no *site* do IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc>). As coordenadas oficiais das estações são apresentadas em SIRGAS 2000, para o processamento foram convertidas para o sistema WGS 84 (*World Geodetic System* 1984) no *software TransGEO*.

No pós-processamento obteve-se uma solução para cada ponto pelas três linhas de base, estas foram calculadas e cada ponto avaliado separadamente, na sequência executou-se o ajustamento dos pontos medidos pelas três estações de base.

Um RN (RN2002H) implantado pelo IBGE em 1980 em frente à igreja Nossa Senhora da Salete, no bairro Próspera, pelo método de nivelamento geométrico também foi medido para verificar a ondulação geoidal obtida no local com a ondulação geoidal fornecida pelo MAPGEO2010 para o mesmo ponto.

Foi calculada a diferença entre a altitude elipsoidal fornecida pela medição com o GPS (52,857m) e altitude ortométrica obtida no relatório do RN 2002H (51,2213), como resultado, foi encontrada a ondulação geoidal no local (1,6357).

A ondulação geoidal obtida no MAPGEO 2010 para este RN 2002H foi de 1,25, subtraindo este valor da ondulação geoidal medida temos a correção (0,3857m) para as ondulações geoidal determinadas a partir do MAPGEO2010 para os marcos: VG17, VG17A, VG20, VG20A, como pode ser observado na Tabela 7:

**Tabela 7: Correção da ondulação geoidal**

Marco	Ondulação MAPGEO 2010	Correção	Ondulação corrigida
VG17	1,23	0,3857	1,6157
VG17A	1,21	0,3857	1,5957
VG20	1,14	0,3857	1,5257
VG20A	1,14	0,3857	1,5257

O marco VG 20 tem uma de suas laterais muito próxima ao muro já existente na data de sua implantação, o que pode prejudicar a qualidade dos trabalhos elaborados com a técnica de posicionamento por satélite e com referência a partir deste marco, devido ao efeito do multicaminhamento do sinal refletido no muro.

A Figura 12 mostra que a estrutura que protege o marco está danificada, esta é construída para estabilizar e facilitar a identificação do mesmo. A integridade do marco, apesar da destruição da estrutura de proteção, está mantida como pode ser verificado nos testes.



**Figura 12: Marco VG20**

O marco VG20A (Figura 13) encontra-se em bom estado, não apresenta sinais de danos, sem risco aparente para sua integridade e sem obstáculo para sinais dos sistemas GNSS. Este marco e o anterior estão localizados na Avenida Luiz Lazarin, ambos de fácil acesso em local público.



**Figura 13: Marco VG20A**



O marco VG17 (Figura 14) está em bom estado, não apresenta sinais de danos, implantado ao lado de uma calçada, sem risco aparente para sua integridade. A rede situada acima deste marco poderá influenciar a técnica de posicionamento por satélite.



**Figura 14: Marco VG17**





O marco VG17A (Figura 15) é uma chapa metálica fixada em uma calçada, seu estado atual é bom, não apresenta sinais de danos, mas por estar próximo ao bordo da rua pode ser danificado com o deslocamento do meio fio.



**Figura 15: Marco VG17A**

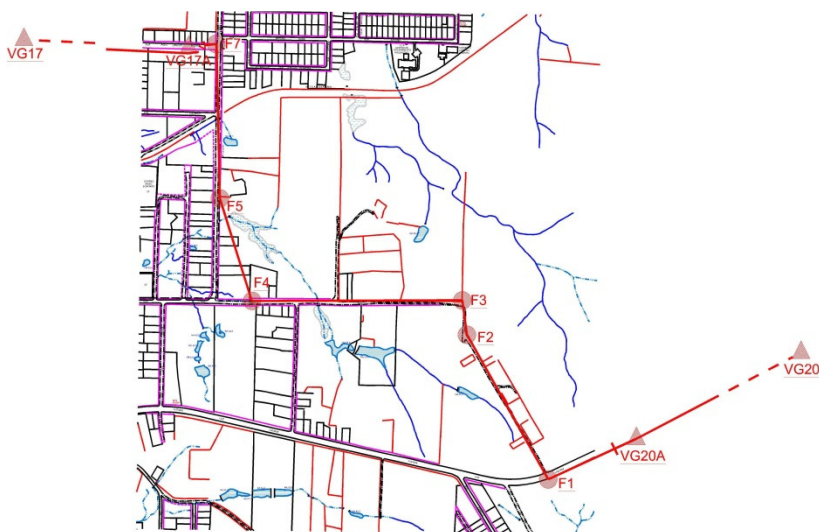
A RRCM de Criciúma foi implantada com o objetivo de ser referência para os levantamentos topográficos, base para os projetos de engenharia e arquitetura e para os levantamentos cadastrais (levantamento de limites legais). Levando em consideração essa característica da RRCM, pode-se observar que a mesma se enquadra na terceira classe sugerida por Seeber (2003) na tabela 1 e os valores indicados nesta tabela foram utilizados como referência para a avaliação.

### **3.3.3 Levantamento Topográfico**

A medição dos pontos avaliados foi obtida através de métodos topográficos, para tal implantou-se na área de estudo uma poligonal enquadrada apoiada e fechada em pontos distintos da RRCM de Criciúma, tendo como referência de partida os marcos VG20A (estação) e VG20 (orientação) e os marcos VG17A (estação) e VG17 (orientação)

como referência de chegada, alcançando o desenvolvimento total de 1772,73 m. Tanto a medição angular como a linear desta poligonal enquadrada resultaram de uma série de leituras conjugadas (posição direta e inversa), efetuadas na estação total.

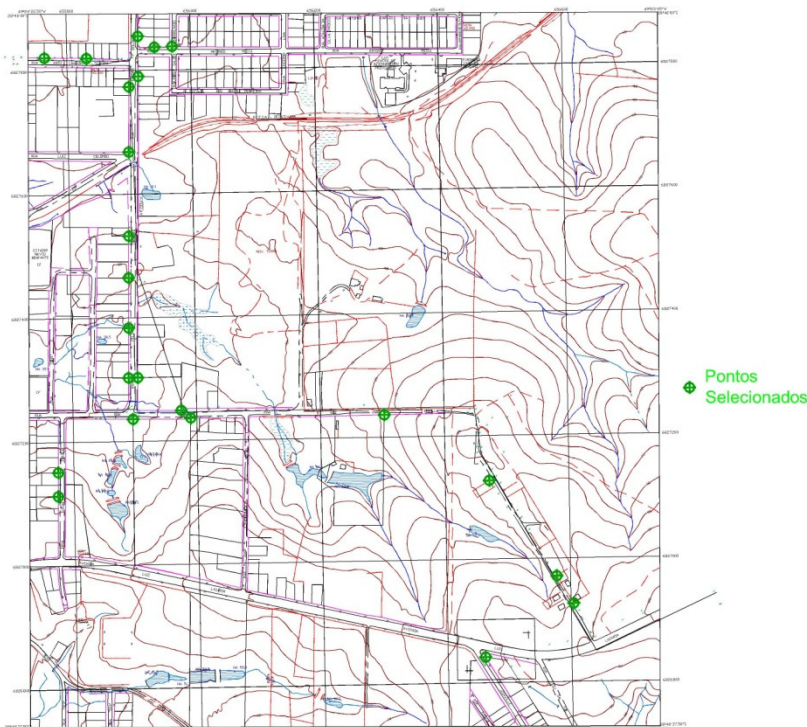
Buscou-se no desenvolvimento da poligonal o trajeto no qual se encontrava o maior número de pontos bem identificáveis no terreno e na carta (Figura 16). No decorrer do trabalho observou-se que os pontos que menos dúvidas geravam no seu levantamento eram os cantos de muro e as cercas, construídos já na época da elaboração da carta avaliada, e estes somam o maior número de pontos medidos.



**Figura 16: Desenvolvimento da poligonal**

Após a implantação da poligonal enquadrada, foram medidos os pontos para avaliação (Figura 17), utilizando-se o método de irradiação polar a partir dos vértices da poligonal. Nesta etapa, somente a leitura angular e linear na posição direta foi efetuada.





**Figura 17: Distribuição dos pontos de teste**

Os dados obtidos no levantamento topográfico foram armazenados na coletora interna da estação total para posterior processamento.

### 3.3.4 Processamento dos dados topográficos

Os dados levantados com a estação total foram descarregados diretamente no software topográfico *Topograph* e processado no mesmo ambiente. As coordenadas oficiais dos marcos, obtidas nas monografias, foram utilizadas no cálculo da poligonal enquadrada e compensada pelo método das projeções.

No software topográfico usou-se a opção de cálculo com coordenadas planas UTM. O Transporte de coordenadas UTM foi

realizado pelo software, quando o respectivo sistema geodésico (SAD 69) da carta, o mesmo sistema geodésico da RRCM de Criciúma e o meridiano central (-51° S) do fuso da área de estudo.

Obteve-se após o processamento dos dados de campo as informações de fechamento da poligonal, apresentado na Figura 18:

	Observados	Compensados
Perímetro	1.772,7354m	1.772,5173m
Área		

	Erros	Tolerâncias	Fora
Angular	0°00'55,2"		
Relativo	1:25529		
Linear	0,069m		
Eixo Norte	-0,028m		
Eixo Este	-0,063m		
Altimétrico	0,118m		

**Figura 18: Dados de fechamento da poligonal enquadrada**

FONTE: Tela do software Topograph

Para verificar se os valores obtidos eram aceitáveis, foram calculadas a tolerância angular e a tolerância linear:

O erro angular tolerável é de:

$$T_a = 3 \times PNa \times \sqrt{n}$$

$$T_a = 3 \times 7 \times \sqrt{8} = 59''$$

Onde:

$PNa$  = precisão nominal angular do instrumento  
 $n$  = número de vértice da poligonal

O erro angular cometido foi de 55,2'' e o erro tolerável é de 59'', portanto, o erro angular presente na poligonal está dentro da tolerância para o equipamento utilizado no levantamento. Na tabela 8 apresenta-se a análise do erro angular.

**Tabela 8: Análise do erro angular**

<b>Análise do erro angular</b>	
$T_a(\text{Tolerancia})$	59"
$\epsilon_a(\text{Erro angular})$	55,2"
Análise	59" > 55,2"
<b>Avaliação</b>	<b>Atende</b>

O erro linear aceitável é de:

$$T_l = c + 3 \times PNL \times \sqrt{L(km)} = 0,0692m$$

$$T_l = 12,9 + 3 \times (5 + 5 \times 1,8) \times \sqrt{1,8} = 0,0692m$$

Onde:

$c$  = erro médio de posição nos pontos de apoio

$PNL$  = precisão nominal linear

$L(km)$  = extensão da poligonal em quilômetros

O erro linear encontrado na poligonal foi de 0,0690m e o erro tolerável é de 0,0692, portanto, o erro linear presente na poligonal está dentro da tolerância para o equipamento utilizado no levantamento. A tabela 9 apresenta a análise do erro linear.

**Tabela 9: Análise do erro linear**

<b>Análise do erro linear</b>	
$T_l(\text{Tolerancia})$	0,0692m
$\epsilon_l(\text{Erro linear})$	0,0690m
Análise	0,0692 > 0,0690
<b>Avaliação</b>	<b>OK</b>

Ao finalizar o processamento da poligonal enquadrada e com esta já compensada, foram calculadas as irradiações, utilizadas como pontos de testes, gerando na sequência uma lista de coordenadas dos pontos levantados, as quais podem ser verificadas na tabela 10.

**Tabela 10: Coordenadas obtidas no levantamento topográfico**

NOME	DESC	COORD. OBTIDAS EM CAMPO		
		N	E	Z
13	CERCA	6826835,980	656493,332	90,192
16	CERCA	6826926,868	656603,927	90,147
18	CERCA	6826841,519	656460,650	88,960
20	CERCA	6827016,121	656550,964	81,213
26	CERCA	6827111,133	656494,554	81,810
28	CERCA	6826971,890	656577,656	84,178
34	CERCA	6827127,251	656471,275	83,468
63	CERCA	6827235,955	656303,881	66,221
71	CERCA	6827235,768	656062,034	52,809
78	CERCA	6827251,338	656017,730	53,404
79	CERCA	6827237,007	655990,160	51,916
80	CERCA	6827236,911	656019,443	53,469
83	CERCA	6827249,381	655975,197	50,151
88	CERCA	6827250,081	655905,017	43,513
89	CERCA	6827236,642	655897,143	43,504
100	CERCA	6827275,796	655890,578	42,505
101	CERCA	6827303,539	655906,083	43,492
102	CERCA	6827302,544	655891,162	42,748
112	MURO	6827369,108	655907,249	41,780
113	MURO	6827383,692	655892,500	41,096
114	MURO	6827389,081	655907,624	41,336
120	MURO	6827437,790	655893,405	42,596
124	MURO	6827464,788	655894,134	50,000
129	MURO	6827545,352	655895,161	45,236
130	CERCA	6827539,540	655910,452	46,506
136	MURO	6827113,044	655774,236	55,262
138	MURO	6827151,520	655774,920	51,750
139	MURO	6827759,430	655899,538	43,520
140	MURO	6827773,199	655899,659	44,606
150	MURO	6827790,563	655915,116	42,870
157	MEIO FIO	6827833,813	655917,135	40,944
183	MURO	6827804,165	655875,834	42,360
188	MURO	6827837,184	655941,893	40,995
195	MURO	6827818,321	655881,670	42,032
202	MEIO FIO	6827837,125	655977,542	40,982
203	MURO	6827820,411	655831,309	42,366
205	MEIO FIO	6827837,551	655970,550	40,492
220	MURO	6827822,348	655763,818	38,919

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados da avaliação posicional dos pontos da RRCM de Criciúma, da avaliação da cartografia municipal obtidos na aplicação do método descrito no capítulo anterior.

### 4.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL DOS PONTOS DA REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL UTILIZADOS

Após o processamento, com intervalo de confiança de 95%, padrão do *software Topcon Tools* e ajustamento do levantamento realizado com os receptores GPS, foram obtidas as coordenadas e seus respectivos desvios padrões de cada marco utilizado na avaliação, como pode ser observado na tabela 11:

**Tabela 11: Coordenadas e desvios padrões calculada para avaliação da RRCM Criciúma. Processada com intervalo de confiança de 95 %**

Marco	N	$\pm 2\sigma$ (m)	E	$\pm 2\sigma$ (m)	$\sigma$ (m) resul.	Z	$\pm 2\sigma$ (m)
VG17	6827826,779	0,015	655473,122	0,015	0,022	32,565	0,035
VG17A	6827808,94	0,011	655839,514	0,01	0,014	42,364	0,028
VG20	6827131,295	0,016	657202,567	0,011	0,02	108,986	0,027
VG20A	6826939,829	0,012	656835,584	0,011	0,017	104,116	0,026

As discrepâncias entre as coordenadas dos marcos retiradas das monografias e as medidas efetuadas na pesquisa foram calculadas subtraindo-se a segunda em relação à primeira, conforme mostra a tabela 12:

**Tabela 12: Diferenças encontradas nas coordenadas dos marcos**

Marco	$\Delta N$	$\Delta E$	$\Delta Z$	$\Delta$ Resultante Horizontal
VG17	-0,002	-0,024	-0,058	0,024
VG17A	-0,013	-0,006	0,007	0,014
VG20	-0,004	-0,003	0,022	0,005
VG20A	0,033	0,014	0,114	0,036
<b>n</b>	4	4	4	4
<b>  Máx  </b>	0,033	0,024	0,114	0,036
<b>  Mín  </b>	0,002	0,003	0,007	0,005
<b>Média</b>	0,004	-0,005	0,021	0,02
<b>Desvio Padrão</b>	0,018	0,013	0,061	0,011

Após o cálculo das diferenças entre as coordenadas foi realizada a análise de tendência, com finalidade de verificar a presença de erros sistemáticos e aleatórios nas coordenadas dos marcos (tabela 13).

**Tabela 13: Análise de tendência das coordenadas planimétricas dos marcos VG17, 17A, 20 e 20A da RRCM de Criciúma, com intervalo de confiança de 68%**

ANÁLISE DE TENDÊNCIA DAS COORDENADAS PLANIMÉTRICAS DOS MARCOS VG17,17A,20,20A		
	N	E
Média	0,004	-0,005
Desvio padrão amostral	0,018	0,013
Desvio padrão aceitável	0,050	0,050
$ t _{\text{amostral}}$	0,160	0,200
$t_{(4; 0,3)}$	1,190	1,190
ANÁLISE	$ t _{\text{amostral}} < t_{(4; 0,3)}$	$ t _{\text{amostral}} < t_{(4; 0,3)}$
AVALIAÇÃO	OK	OK

Como já era esperado, em nenhuma das componentes foi constatada a presença tendência, como observado na tabela 13. As

coordenadas dos marcos foram determinadas com o uso da tecnologia GPS e estes ocupados em momentos diferentes, o que dificulta a presença de erros sistemáticos.

Utilizando como referência para a avaliação os valores propostos por Seeber (2003), para quarta classe de rede, com finalidade de ser a estrutura base para os trabalhos de geodésia e levantamentos de engenharia (alta precisão) ou topográfico, foi calculada a resultante horizontal, com as discrepâncias encontrada em cada componente dos quatro marcos e realizada a avaliação da acurácia, obtendo os seguintes resultados:

**Tabela 14: Avaliação dos marcos utilizados**

<b>Marco</b>	<b><math>\Delta</math> Resultante Horizontal</b>	<b>Valor de Referência</b>	<b>Análise</b>	<b>Avaliação</b>
VG17	0,024	0,01 ... 0,05	$0,01 < 0,024 < 0,05$	OK
VG17A	0,014	0,01 ... 0,05	$0,01 < 0,014 < 0,05$	OK
VG20	0,005	0,01 ... 0,05	$0,01 < 0,005 < 0,05$	OK
VG20A	0,036	0,01 ... 0,05	$0,01 < 0,036 < 0,05$	OK

Todas as resultantes horizontais calculadas dos quatro marcos oficiais da RRCM de Criciúma atendem a tolerância. Esta quarta classe está além das finalidades da RRCM de Criciúma, que visa atender os trabalhos de medição topográfica e cadastral.

Este fato garante qualidade posicional para todos os levantamentos, os quais utilizam estes pontos como referência de partida e/ou chegada, independente do método empregado, considerando que este seja realizado com todos os cuidados possíveis. A maior discrepância (0,036m) é desprezível em escalas grandes até 1:250, utilizando como parâmetro para a avaliação o erro de acuidade da visão humana.

A componente altimétrica foi avaliada separadamente. Não foi encontrado na literatura nenhum parâmetro para a sua avaliação, então, foi utilizado o critério em que a referência deve ter precisão três vezes melhor que o novo ponto a ser determinado. Foi adotada a Equação (16) para definir a tolerância para a componente vertical, de acordo com NSSDA:

$$t_v = 0,5958 \times EC \quad (16)$$
$$t_v = 0,5958 \times 1 = 0,5958m \quad (16)$$

Onde:  
 $t_v$  = Tolerância vertical;  
 $EC$  = equidistância das curvas de nível

Se a tolerância para acurácia vertical é de 0,596 m em cartas com curvas de nível com equidistância de um metro, os marcos de referências devem ter no mínimo um terço deste valor.

$$t_{av} = \frac{0,5958m}{3} = 0,195\ m$$

Onde:  
 $t_{av}$  = Tolerância para acurácia vertical;

Na Tabela 15, pode-se verificar a análise de tendência da coordenada altimétrica.

**Tabela 15: Análise de tendência da coordenada altimétrica dos marcos VG17, 17A, 20 e 20A da RRCM de Criciúma, com intervalo de confiança de 68%**

ANÁLISE DE TENDÊNCIA DA COORDENADA ALTIMÉTRICA DOS MARCOS VG17,17A,20,20A	
	Z
Média	0,021
Desvio padrão amostral	0,061
Desvio padrão aceitável	0,195
t   amostral	0,215
t (4 ; 0,3)	1,19
ANÁLISE	t   amostral < t (4 ; 0,3)
AValiação	OK

Como pode ser observado na tabela 15 a componente vertical dos marcos VG17, VG17A, VG20 e VG20A não apresenta tendência também. E os valores obtidos na diferença entre as coordenadas das monografias e as medidas efetuadas nesta pesquisa foram inferiores a



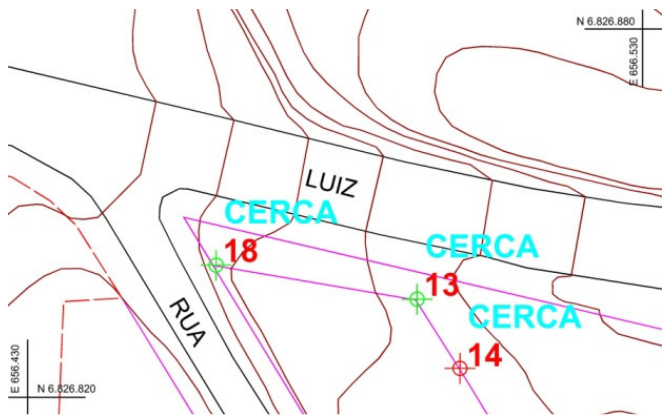
0,195m (Tabela 12), atendendo a tolerância para a acurácia vertical. De acordo com os indicadores de acurácia das coordenadas dos marcos avaliados, estes podem ser utilizados sem restrições para finalidade desta dissertação.

## 4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DA CARTOGRAFIA MUNICIPAL UTILIZANDO A REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL.

Na avaliação da folha topográfica e da carta cadastral utilizou-se como referência as coordenadas obtidas no levantamento topográfico amarrado a RRCM de Criciúma.

### 4.2.1 Folha topográfica

Na área de estudo foi realizado um levantamento topográfico, em que foram medidos 220 pontos, dos quais 38 foram selecionados para avaliação (18 pontos a mais do que o sugerido NSSDA), de acordo com a distribuição na carta. Muitas feições levantadas eram mais novas do que a elaboração da folha topográfica e, portanto foram descartadas. Da folha topográfica foram retiradas as coordenadas dos mesmos pontos medidos no levantamento em campo, estes podem ser observados em um extrato da folha topográfica, representado na Figura 18 e suas respectivas coordenadas na tabela 10.



**Figura 19: Extrato da folha topográfica com os pontos para avaliação**

Na figura 18 observa-se que somente os pontos de teste localizados em feições claras para identificação foram utilizados, no exemplo os dois cantos de cercas (“18” e “13”) fazem parte da avaliação, o ponto “14” foi descartado.

*4.2.1.1 Avaliação Planimétrica*

Com as coordenadas retiradas da carta e com as coordenadas de testes obtidas no levantamento topográfico, foram calculadas as diferenças entre elas, subtraindo a primeira pela segunda, calculando com estas discrepâncias a média e o desvio padrão (Tabela 16).

**Tabela 16: Diferenças entre as coordenadas da carta e mediadas em campo**

NOME	$\Delta N$	$\Delta E$	$\Delta Z$
13	-0,12	-0,222	0,225
16	-0,158	0,143	-0,256
18	-0,029	-0,51	-0,631
20	0,239	-0,574	0,998
26	-0,603	-1,114	1,044
28	-0,81	-0,246	-0,215
34	-0,171	-0,475	-0,278
63	0,165	-0,871	0,333
71	-0,428	-0,284	0,359
78	0,122	-0,15	-0,102

NOME	$\Delta N$	$\Delta E$	$\Delta Z$
79	-0,517	-0,14	-0,023
80	-0,681	-0,273	0,307
83	-0,441	-0,136	-0,151
88	-0,031	-0,677	-0,564
89	-0,632	-0,262	-0,388
100	-0,026	-0,178	-0,277
101	-0,399	-0,583	-0,48
102	0,436	-0,292	-0,619
112	-0,298	-0,629	-0,701
113	-0,172	-0,25	-0,701
114	-0,091	-0,274	-0,364
120	0,23	-0,225	-0,326
124	0,002	-0,494	-0,986
129	0,438	-0,131	-1,088
130	-0,13	-0,042	-0,336
136	-0,224	-0,315	-0,471
138	-0,27	-0,31	-0,859
139	0,04	-0,268	-0,78
140	0,231	-0,229	-1,426
150	-0,423	-0,606	-0,71
157	0,117	-0,535	-0,722
183	0,015	-0,504	-0,631
188	-0,264	-0,523	-0,842
195	-0,671	-0,45	-0,879
202	0,135	-0,472	-0,982
203	0,149	-0,237	-0,397
205	0,369	-0,35	-0,53
220	-0,198	-0,328	-0,603
<b>N</b>	38	38	38
<b>  Máx  </b>	0,81	1,114	1,426
<b>  Mín  </b>	0,002	0,042	0,023
<b>Média</b>	-0,134	-0,369	-0,396
<b>Desvio Padrão</b>	0,323	0,234	0,521

Depois de calculada a discrepância entre as coordenadas, foi utilizado o teste “t” de *Student* para análise de exatidão da carta e o teste de Qui-quadrado para análise de precisão.

No teste “t” de Student utilizou-se como o limite aceitável o desvio padrão de 0,5m, valor este estabelecido na NSSDA para as cartas na escala 1:2.000, com intervalo de confiança 95%. Pode ser obtido um valor próximo a este limiar, considerando 2 vezes a acuidade visual humana 0,2 mm na escala da carta como proposto na NBR 13.133, com nível de confiança de 95% (fator de 2,4477 para as duas componentes planimétricas), como pode ser observado na tabela 17:

**Tabela 17: Cálculo do desvio padrão aceitável**

<b>Cálculo do desvio padrão aceitável</b>	
Acuidade visual (mm)	0,2
Escala da carta	2000
Fator / 2 - (nível de conf. 95%)	1,2239
<b>Limite aceitável (m)</b>	<b>0,49</b>

Na tabela 3 o padrão de acurácia planimétrica ASPRS (1989) para as cartas na escala 1:2.000 é de 0,5 m, valor próximo do obtido na tabela 17.

Na tabela 18 é apresentada a análise de tendência das diferenças encontradas nas coordenadas.

**Tabela 18: Análise de tendência – coordenadas da folha topográfica (nível de confiança 95%)**

<b>ANÁLISE DE TENDÊNCIA – COORDENADAS DA FOLHA TOPOGRÁFICA</b>		
	<b>N</b>	<b>E</b>
Média	-0,134	-0,369
Desvio padrão amostral	0,323	0,234
Desvio padrão aceitável	0,500	0,500
$ t _{amostral}$	1,655	4,548
$t_{(37; 0,05)}$	2,025	2,025
<b>ANÁLISE</b>	$ t _{amostral} < t_{(37; 0,05)}$	$ t _{amostral} > t_{(37; 0,05)}$
<b>AValiação</b>	<b>OK</b>	<b>Tendenciosa</b>

Como pode ser observado na tabela 18, para a componente planimétrica “N” não há tendência, diferentemente da componente “E” a qual é constatada da carta a presença de tendência, influência de algum

tipo de erro sistemático e aleatório, o qual não foi identificado nesta pesquisa.

A tabela 19 descreve a análise de precisão da folha topográfica.

**Tabela 19: Análise precisão – coordenadas da folha topográfica (nível de confiança 95%)**

<b>ANÁLISE DE PRECISÃO - COORDENADAS DA CARTA TOPOGRÁFICA</b>		
	<b>N</b>	<b>E</b>
Média	-0,134	-0,369
Variância amostral	0,104	0,055
Variância aceitável	0,25	0,25
$\chi^2$	15,432	8,134
$\chi^2_{(37; 0,05)}$	53,376	53,376
ANÁLISE	$\chi^2 < \chi^2_{(37; 0,05)}$	$\chi^2 < \chi^2_{(37; 0,05)}$
AVALIAÇÃO	OK	Não atende a precisão

A componente planimétrica “E” da folha topográfica novamente não atende aos padrões estabelecidos pela norma America. Ao não alcançar a precisão, demonstra presença de erros aleatórios na folha topográfica, conforme constatado na análise de tendência. Os erros presente na folha topográfica não foram identificados, por distanciar-se dos objetivos desta dissertação.

Depois de realizada a análise de tendência e acurácia, utilizando as fórmulas descritas na NSSDA, foi calculado o RMSE (Tabela 20), para verificar se a carta avaliada atende ou não o estabelecido pela NSSDA para as carta a escala 1:2.000.

**Tabela 20: Resultante horizontal, RMSE e o índice NSSDA**

<b>NOME</b>	<b><math>\Delta N^2</math></b>	<b><math>\Delta E^2</math></b>	<b><math>\Delta N^2 + \Delta E^2</math></b>
13	0,014	0,049	0,064
16	0,025	0,020	0,045
18	0,001	0,261	0,261
20	0,057	0,329	0,387
26	0,364	1,241	1,605
28	0,656	0,060	0,716
34	0,029	0,225	0,255
63	0,027	0,758	0,785

NOME	$\Delta N^2$	$\Delta E^2$	$\Delta N^2 + \Delta E^2$
71	0,184	0,081	0,264
78	0,015	0,023	0,037
79	0,267	0,020	0,287
80	0,464	0,075	0,538
83	0,195	0,019	0,213
88	0,001	0,458	0,459
89	0,400	0,069	0,469
100	0,001	0,032	0,032
101	0,159	0,340	0,499
102	0,190	0,085	0,275
112	0,089	0,396	0,484
113	0,029	0,063	0,092
114	0,008	0,075	0,083
120	0,053	0,051	0,104
124	0,000	0,244	0,244
129	0,191	0,017	0,209
130	0,017	0,002	0,019
136	0,050	0,100	0,150
138	0,073	0,096	0,169
139	0,002	0,072	0,073
140	0,053	0,052	0,106
150	0,179	0,367	0,546
157	0,014	0,286	0,300
183	0,000	0,254	0,254
188	0,070	0,274	0,343
195	0,451	0,203	0,653
202	0,018	0,223	0,241
203	0,022	0,056	0,078
205	0,136	0,123	0,259
220	0,039	0,108	0,147
<b>Soma</b>			11,747
<b>Média</b>			0,309121
<b>RMSE</b>			0,555987
<b>NSSDA (1,7308)</b>			0,962302

O RMSE encontrado está acima da tolerância estabelecida pela NSSDA para as carta em escala 1:2.000, como pode ser observado na tabela 3, o valor esperado era melhor que 0,5m para esta escala. Portanto, a folha topográfica 13.421 não seria aceita pelos padrões americanos da NSSDA.

#### 4.2.1.2 Avaliação Altimétrica

Foram obtidas as diferenças entre as altitudes dos pontos da folha topográfica avaliada com as altitudes dos mesmos pontos, calculadas após o levantamento topográfico. Foi também utilizado o teste “t” de *Student* para análise de acurácia da altimétrica da carta e o teste de Qui-quadrado para análise de precisão.

No teste “t” de Student utilizou-se como limite aceitável o desvio padrão de  $0,5958\text{m} \cong 0,60\text{m}$ , valor estabelecido na NSSDA para as cartas com equidistância de curvas de nível de 1m, para intervalo de confiança 95%.

Na tabela 21 é apresentada a análise de tendência da componente altimétrica da folha topográfica.

**Tabela 21: Análise de tendência – componente altimétrica da folha topográfica (nível de confiança 90%)**

<b>ANÁLISE DE TENDÊNCIA - COORDENADA Z</b>	
	<b>Z</b>
Média	-0,396
Desvio padrão amostral	0,521
Desvio padrão aceitável	0,600
$ t _{\text{amostral}}$	4,070
$t_{(37; 0,05)}$	2,025
ANÁLISE	$ t _{\text{amostral}} > t_{(37; 0,05)}$
AValiação	Tendenciosa

A componente altimétrica da carta avaliada apresentou tendência, também há presença de erro sistemático na altimetria desta carta.

**Tabela 22: Análise precisão – da componente altimétrica da folha topográfica (nível de confiança 90%)**

<b>ANÁLISE DE PRECISÃO – COORDENADA Z</b>	
	<b>Z</b>
Média	-0,396
Variância amostral	0,272
Variância aceitável	0,36
$\chi^2$	27,925
$\chi^2_{(37; 0,05)}$	53,376
ANÁLISE	$\chi^2 < \chi^2_{(37; 0,05)}$
AVALIAÇÃO	OK

A componente altimétrica atendeu os padrões de precisão, constatando-se que nesta componente a influência dos erros aleatórios não é significativa. Mas está comprometida pela tendência apresentada na tabela 21.

Para a componente altimétrica realizou-se o mesmo processo da avaliação planimétrica descrito pela NSSDA, como pode ser constatado na tabela 23:

**Tabela 23: RMSE e o índice NSSDA da componente altimétrica**

<b>NOME</b>	<b>DESC</b>	<b><math>\Delta Z^2</math></b>
13	CER	0,051
16	CER	0,066
18	CER	0,398
20	CER	0,996
26	CER	1,09
28	CER	0,046
34	CER	0,077
63	CER	0,111
71	CER	0,129
78	CER	0,01
79	CER	0,001
80	CER	0,094
83	CER	0,023
88	CER	0,318
89	CER	0,15
100	CER	0,077



NOME	DESC	$\Delta Z^2$
101	CER	0,23
102	CER	0,383
112	MUR	0,492
113	MUR	0,492
114	MUR	0,133
120	MUR	0,106
124	MUR	0,972
129	MUR	1,184
130	CER	0,113
136	MUR	0,222
138	MUR	0,738
139	MUR	0,608
140	MUR	2,034
150	MUR	0,504
157	MF	0,521
183	MUR	0,398
188	MUR	0,71
195	MUR	0,773
202	MF	0,964
203	MUR	0,158
205	MF	0,281
220	MUR	0,364
<b>Soma</b>		16,015
<b>Média</b>		0,421458
<b>RMSE</b>		0,649198
<b>NSSDA (1,96)</b>		1,272428

Como pode ser observado o RMSE (tabela 23) foi de 0,649m, o qual é superior ao limite de 0,5958m, tolerância estabelecida pela NSSDA para cartas com curvas de nível com equidistância de um metro. A altimetria da folha topográfica 13.421 também não atingiu a tolerância estabelecida pela NSSDA, não sendo aceita pelos padrões americanos.

### 4.2.2 Carta Cadastral

A partir de uma poligonal fechada apoiada na poligonal enquadrada utilizada para avaliar a folha topográfica, foram medidos os marcos encontrados no loteamento Vitória.

Da mesma forma como foram calculadas as diferenças entre as coordenadas da folha topográfica, foram calculadas as da carta cadastral.

**Tabela 24: Coordenadas obtidas em campo e na carta cadastral**

NOME	DESC	COORD. OBTIDAS EM CAMPO		COORD. OBTIDAS NA CARTA	
		N	E	N	E
M01	MARCO	6826911,489	656712,563	6826911,539	656712,705
M03	MARCO	6827066,423	656596,209	6827066,379	656596,268
M04	MARCO	6827077,662	656615,373	6827077,613	656615,450
M05	MARCO	6826897,176	656681,656	6826897,183	656681,814
M08	MARCO	6827060,375	656585,852	6827060,316	656585,913
M09	MARCO	6827090,556	656607,831	6827090,557	656607,871
M11	MARCO	6827228,546	656500,852	6827228,523	656500,909
M12	MARCO	6827227,731	656527,682	6827227,631	656527,599
M14	MARCO	6827062,031	656559,025	6827062,000	656559,106

Na carta cadastral todos os marcos existentes (encontrados) foram medidos para avaliação.

A tabela 25 apresenta as discrepâncias entre as coordenadas da carta cadastral e da obtida por meio de levantamento topográfico e a análise estatística das coordenadas.

**Tabela 25: Análise estatística das diferenças de coordenadas da carta cadastral**

NOME	DESC	$\Delta N$	$\Delta E$	Resultante Horizontal	Avaliação
M01	MARCO	0,050	0,141	0,150	Ñ atende
M03	MARCO	-0,044	0,059	0,073	OK
M04	MARCO	-0,049	0,077	0,091	OK
M05	MARCO	0,007	0,158	0,159	Ñ atende
M08	MARCO	-0,059	0,061	0,085	OK
M09	MARCO	0,001	0,040	0,040	OK
M11	MARCO	-0,023	0,057	0,062	OK
M12	MARCO	-0,100	-0,083	0,130	Ñ atende
M14	MARCO	-0,031	0,081	0,087	OK
<b>n</b>		9	9	9	
<b>  Máx  </b>		0,100	0,158	0,159	
<b>  Mín  </b>		0,001	0,040	0,040	
<b>Média</b>		-0,028	0,066	0,097	
<b>Desvio Padrão</b>		0,043	0,069	0,076	

Como pode ser observado na tabela 25, três dos nove marcos encontrados e medidos do loteamento Vitória não alcançaram a precisão aceitável na resultante de 0,10m, conforme proposto por Brandão (2003) para os limites de imóveis urbanos. Portanto, os procedimentos de implantação dos marcos no Loteamento Vitória devem ser revistos e realizados com mais critério, para que esta planta de loteamento possa ser incorporada a carta cadastral de Criciúma e ao sistema cartográfico municipal, com a garantia de um produto confiável e assim assegurando a estabilidade dos limites das parcelas deste loteamento.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÕES

Os estudos desenvolvidos neste trabalho para a elaboração de uma proposta de avaliação do sistema cartográfico municipal buscou a aplicação de métodos e a utilização de equipamentos presentes nas prefeituras brasileiras. Os marcos VG17, VG17A, VG20 e VG20A da rede de referência cadastral municipal foram avaliados porque não havia informações sobre a qualidade posicional dos mesmo. Como estes marcos foram referência para avaliar a folha topográfica 13.421 e a planta do Loteamento Vitória, foi necessário realizar testes dos marcos de referência para que a presença de erros significantes não prejudicassem a qualidade da avaliação do sistema cartográfico municipal. Portanto, a avaliação da RRCM e consequentemente o emprego do receptor GPS tornam-se desnecessários quando é conhecida previamente a qualidade posicional das referências.

A rede de referência cadastral municipal de Criciúma na área de estudo apresentou qualidade posicional suficiente para a elaboração e avaliação de produtos cartográficos que representem tanto dados topográficos quanto cadastrais. Apenas um dos quatro marcos avaliados tem sua estrutura física prejudicada e posição desfavorável para a utilização do método de posicionamento por satélite.

As coordenadas planimétricas atenderam a tolerância proposta por Seeber (2003) e a altimétrica atendeu a tolerância para a elaboração de cartas com curvas de nível com equidistância de um metro, considerando a tolerância vertical estabelecida pela NSSDA.

Na ausência de um padrão claro de precisão e acurácia para as cartas topográficas em escalas grandes, os municípios não possuem parâmetros para avaliação dos produtos cartográficos adquiridos. A avaliação da cartografia utilizando os parâmetros estabelecidos na NSSDA demonstrou-se aplicável também à cartografia topográfica brasileira.

Na análise estatística, a folha topográfica 13.421 demonstrou a presença de tendência na componente “E”, e na avaliação com os critérios da NSSDA não atendeu as exigências, se o padrão fosse tomado como parâmetro no Brasil, esta carta não poderia ser aceita.

Para carta cadastral é imprescindível definir um valor para acurácia dos pontos definidores dos limites das parcelas, estabelecendo assim uma tolerância para os levantamentos cadastrais. Esta tolerância deve ser coerente, deve atender as exigências legais, neste caso o código civil e não deve ser difícil de ser alcançada com os métodos de medição mais comuns e atuais.

A carta cadastral avaliada possui três pontos fora da tolerância (M01, M05, M12) e estes deveriam ser reimplantados no loteamento se os limites propostos por Brandão (2003) fossem aplicados.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES

Há muita dificuldade para avaliar elementos que não estejam edificados em campo. Como exemplo temos a hidrografia, limites de vegetação, bordos de ruas não pavimentadas, entre outros. Certos elementos como a hidrografia têm variações com o tempo, portanto, para avaliar estes dados é necessário que seja feita a avaliação logo após a entrega dos produtos cartográficos, permitindo assim um número maior de detalhes avaliados.

A adoção de um padrão de precisão para levantamentos de agrimensura é essencial para a manutenção e confiabilidade dos sistemas cadastrais. Como não há perspectiva da elaboração de uma carta cadastral municipal com um levantamento sistemático, uma das alternativas é utilizar os levantamentos dos profissionais autônomos, desde que atendam a parâmetros de qualidade pré-definidos, para a criação desta carta cadastral de todo o município. Mas para isso é necessária a adoção de um padrão de precisão comum, que deverá obrigatoriamente ser buscado em todos os trabalhos de agrimensura.

Para os trabalhos futuros, buscar identificar quando e quais os erros que provocaram a tendência na componente “E” da carta topográfica 13.421.

## 6 REFERÊNCIAS

ARIZA, F. J. **Calidad em la producción cartográfica**. Madrid, RA-MA, 2002. 387p.

ASPRS. **ASPRS Interim Accuracy Standards for Large-scale maps**. 1989

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

BLACHUT, T. J.; CHRZANOWSKI, A; SAASTAMOINEN, J. H. **Cartografia y levantamientos urbanos. Direccion general de geografia del território nacional**. New York: Springel-Verlang, 1979.

BRANDÃO, A. C.; **O Princípio de Vizinhança Geodésica no Levantamento Cadastral de Parcelas Territoriais**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 129p.

BRASIL, **Lei Nº10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2002/L10406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10406.htm)

FERNANDES, V. O. **Análise das cartas do mapeamento cadastral urbano no Brasil: Proposta de normatização da simbologia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. 472p.

FORTES, L. P. S. **Início do período de transição para o novo sistema de geodésico de referência**. IBGE: Diretoria de Geociências, 2004. Disponível em: [www.ibge.gov.br/seminario\\_referencial\\_geocentrico/portugues/arq](http://www.ibge.gov.br/seminario_referencial_geocentrico/portugues/arq)

uivos/Fortes\_30nov2004\_PMRG\_II\_Seminario.pdf.Acesso:  
30/11/2008.

GALO, M., CAMARGO, P. O. **Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas.** In: Anais do 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – COBRAC, Vol. II, Florianópolis, 07 a 10 ago 1994.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas.** Curitiba: Editora da UFPR, 2004. 319p.

GREENWALT, C. R.; SCHULTZ, M. E. **Principles and Error Theory and Cartographic Applications.** ACIC Technical Report N. 96. St Louis, MO, 1968. 89p.

HASENACK, M. **Originais do levantamento topográfico cadastral: possibilidade de sua utilização para a garantia dos limites geométricos dos bens imóveis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 130p.

IBGE. **Projeto de mudança do referencial geodésico.** Informativo Geocêntrico. Diretoria de Geociências – IBGE. Ano 1, nº 1, ano 2002. 8p.

INCRA. **Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** 1ª Edição, 2002. 42p.

INCRA. **Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** 2ª Edição, 2010. 86p.

KARNAUKHOVA, E. **Proposta de cartografia geoecológica aplicada ao planejamento territorial.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 514p.

KAUFMANN, J. STEUDLER, D. **Catastro 2014: Una vision para un sistema catastral futuro**. Fig, 1998. Disponível em: <http://www.fig.net/cadastre2014/translation/c2014-spanish.pdf>

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia Contemporânea: Planimetria**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1995. 320 p.

LOCH, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006. 313 p.

MACCORMAC, J. **Topografia**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 391 p

MEER, A. v. D. **Gemeentegrenzen in Nederland: Een Juridisch, technisch en kadastraal onderzoek**. 2007. 364 p.

MONICO, J. F. G.; PÓZ, A. P.; GALO, M.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, L. C.; Acurácia e Precisão: revendo os conceitos de forma acurada. Bol. Ciências Geodésicas. Curitiba, jul-set 2009.

PHILIPS, J.W. **A projeção brasileira de Gauss – uma proposta para um sistema único de coordenadas**. Geodésia online. n. 1, ano 1998. Disponível em: [geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/1998/01/philips-go2.PDF](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/1998/01/philips-go2.PDF), acesso 10/08/2007

PHILIPS, J.W. **Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários**. In: Anais II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – COBRAC. Florianópolis, 13 a 17 out 1996, p. II – 170.

SANTOS, F. A. F.; SANTANA, J. L.; CARNEIRO, A. F. T.; **Elaboração de base cartográfica para cidades de pequeno porte**. Congresso Brasileiro de Cartografia – CBC, Rio de Janeiro, 21 a 24 out 2007.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods and applications**. 2ª. Edição. Berlin, New York: Walter de Gruyter Inc., 2003. 589p.



**7        ANEXOS**

## ANEXO 1 - MONOGRAFIA DO MARCO VG17 DA RRCM DE CRICIÚMA



PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA  
LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO  
REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL  
**MONOGRAFIA DE MARCO GEODÉSICO E DE AZIMUTE**

<b>Município:</b> Criciúma	<b>Distrito:</b> Rio Maina	<b>Identif. do Vértice:</b> VG 17	<b>Coordenadas Geográficas</b>
		<b>Data da Implantação:</b> Set/2002	<b>LAT. :</b> 28°40'02,28934"S
<b>Bairro/Localidade:</b> Vila Zuleima		<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>LONG. :</b> 49°24'32,22240"W
		<b>Elipsóide:</b> Ref. 1967	SIST. PROJEÇÃO - UNIVERSAL TRANSVERSO MERCATOR (UTM)
<b>Foto Índice</b>		<b>Kapa:</b> 0,999898345	<b>Coordenadas UTM</b>
<b>Obra / Ano:</b> Criciúma - 2002		<b>Conv. Merid.:</b> -0°45'48,30"	<b>N :</b> 6.827.826,781m
<b>Faixa de Voo:</b> 03		<b>Meridiano Central:</b> 51° (WGr.)	<b>E :</b> 655.473,146m
<b>Aerofoto N°:</b> 1849		<b>Método:</b> Satélite - GPS	<b>*H.:</b> 32,623m

**Foto Localização:**



**Foto Detalhe:**



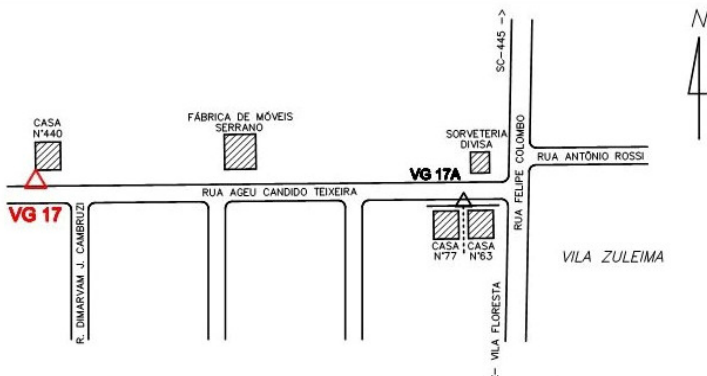
**Descrição do VG:**

Município de Criciúma  
Chapa de alumínio com as inscrições:  
" Rede de Referência Cadastral – Aerocarta - Protegido por Lei - PMC – 2002 – VG 17 "

**Itinerário:**

O vértice n°. VG 17 está materializado por marco de concreto implantado na Localidade Vila Zuleima, na Rua Ageu Candido Teixeira, em frente a casa n.º 440.

**Croqui:**



**Executado por:** AEROCARTA S/A.

**Ponto Visado:** VG 17 A

**Azimute Geodésico:** (VG 17 - VG 17A ORIGEM AO NORTE) 92°01'20,77"

**Distância Geodésica:** (VG 17 - VG 17A) 366,845m

**\* Altitude ortométrica**

**Distância Plana:** (VG 17 - VG 17A) 366,807m

## ANEXO 2 - MONOGRAFIA DO MARCO VG17A DA RRCM DE CRICIÚMA



PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA  
LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO  
REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL  
**MONOGRAFIA DE MARCO GEODÉSICO E DE AZIMUTE**

<b>Município:</b> Criciúma	<b>Distrito:</b> Rio Maina	<b>Identif. do Vértice:</b> VG 17A	<b>Coordenadas Geográficas</b>
<b>Bairro/Localidade:</b> Vila Zuleima		<b>Data da Implantação:</b> Set/2002	<b>LAT. :</b> 28°40'02,70964"S
		<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>LONG. :</b> 49°24'18,72036"W
		<b>Elipsóide:</b> Ref. 1967	SIST. PROJEÇÃO - UNIVERSAL TRANSVERSO MERCATOR (UTM)
<b>Foto Índice</b>		<b>Kapa:</b> 0,999899753	<b>Coordenadas UTM</b>
<b>Obra / Ano:</b> Criciúma - 2002		<b>Conv. Merid.:</b> -0°45'54,79"	<b>N :</b> 6.827.808,953m
<b>Faixa de Vão:</b> 03		<b>Meridiano Central:</b> 51° (WGr.)	<b>E :</b> 655.839,520m
<b>Aerofoto N°:</b> 1849		<b>Método:</b> Satélite - GPS	<b>*H.:</b> 42,357m

**Foto Localização:**



**Foto Detalhe:**



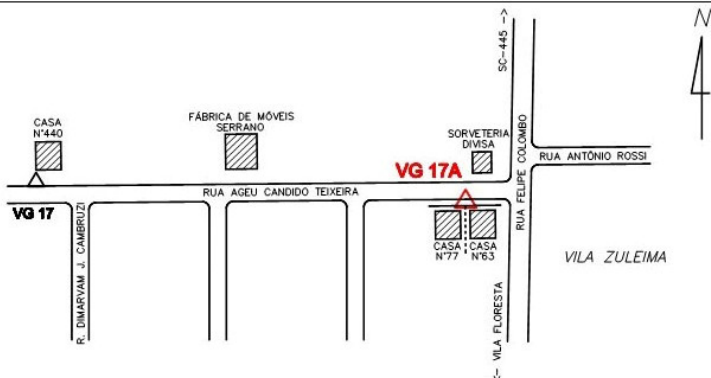
**Descrição do VG:**

Município de Criciúma  
Chapa de alumínio com as inscrições:  
" Rede de Referência Cadastral – Aerocarta - Protegido por Lei - PMC – 2002 – VG 17A "

**Itinerário:**

O vértice n°. VG 17A está materializado por uma chapa de alumínio cravada na calçada, na Localidade Vila Zuleima, entre as casas n.° 77 e n.° 63, junto ao meio fio da Rua Ageu Candido Teixeira.

**Croqui:**



**Executado por:** AEROCARTA S/A.

**Ponto Visado:** VG 17

**Azimute Geodésico:** (VG 17A - VG 17 ORIGEM AO NORTE) 272°01'14,27"

**Distância Geodésica:** (VG 17A - VG 17) 366,845m

**\* Altitude ortométrica**

**Distância Plana:** (VG 17A - VG 17) 366,807m

### ANEXO 3 - MONOGRAFIA DO MARCO VG20 DA RRCM DE CRICIÚMA



PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA  
LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO  
REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL  
**MONOGRAFIA DE MARCO GEODÉSICO E DE AZIMUTE**

<b>Município:</b> Criciúma	<b>Distrito:</b> Sede	<b>Identif. do Vértice:</b> VG 20	<b>Coordenadas Geográficas</b>
<b>Bairro/Localidade:</b> Maria Céu		<b>Data da Implantação:</b> Set/2002	<b>LAT. :</b> 28°40'24,12734"S
<b>Foto Índice</b>		<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>LONG. :</b> 49°23'28,18420"W
<b>Obra / Ano:</b> Criciúma - 2002		<b>Elipsóide:</b> Ref. 1967	<b>SIST. PROJEÇÃO -</b> UNIVERSAL TRANSVERSO MERCATOR (UTM)
<b>Faixa de Voo:</b> 04		<b>Kapa:</b> 0.999905020	<b>Coordenadas UTM</b>
<b>Aerofoto N°:</b> 1889		<b>Conv. Merid.:</b> -0°46'19,57"	<b>N :</b> 6.827.131,299m
		<b>Meridiano Central:</b> 51° (WGr.)	<b>E :</b> 657.202,570m
		<b>Método:</b> Satélite – GPS	<b>*H.:</b> 108,964m

**Foto Localização:**



**Foto Detalhe:**



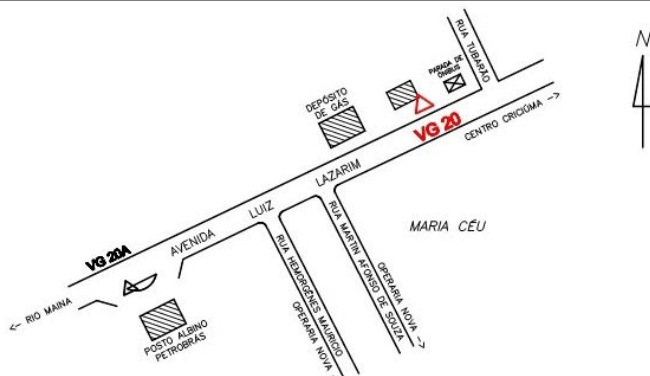
**Descrição do VG:**

Município de Criciúma  
Chapa de alumínio com as inscrições:  
" Rede de Referência Cadastral – Aerocarta - Protegido por Lei - PMC – 2002 – VG 20 "

**Itinerário:**

O vértice n°. VG 20 está materializado por marco de concreto implantado Bairro Maria Céu, na Avenida Luiz Lazarim, lado direito sentido Rio Maina, entre a Rua Tubarão e o Depósito de Gás.

**Croqui:**



**Executado por:** AEROCARTA S/A.

**Ponto Visado:** VG 20A

**Azimute Geodésico:** (VG 20 - VG 20A ORIGEM AO NORTE) 241°40'19,44"

**Distância Geodésica:** (VG 20 - VG 20A) 413,999m

**\* Altitude ortométrica**

**Distância Plana:** (VG 20 - VG 20A) 413,959m

## ANEXO 4 - MONOGRAFIA DO MARCO VG20A DA RRCM DE CRICIÚMA





PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA  
LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO  
REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL  
**MONOGRAFIA DE MARCO GEODÉSICO E DE AZIMUTE**

<b>Município:</b> Criciúma	<b>Distrito:</b> Sede	<b>Identif. do Vértice:</b> VG 20A	<b>Coordenadas Geográficas</b>
<b>Bairro/Localidade:</b> Maria Céu		<b>Data da Implantação:</b> Set/2002	<b>LAT. :</b> 28°40'30,50824"S
		<b>Datum:</b> SAD – 69	<b>LONG. :</b> 49°23'41,60636"W
		<b>Elipsóide:</b> Ref. 1967	<b>SIST. PROJEÇÃO - UNIVERSAL TRANSVERSO MERCATOR (UTM)</b>
<b>Foto Índice</b>		<b>Kapa:</b> 0,999903598	<b>Coordenadas UTM</b>
<b>Obra / Ano:</b> Criciúma - 2002		<b>Conv. Merid.:</b> -0°46'13,29"	<b>N :</b> 6.826.939,796m
<b>Faixa de Vão:</b> 04		<b>Meridiano Central:</b> 51° (WGr.)	<b>E :</b> 656.835,570m
<b>Aerofoto N°:</b> 1889		<b>Método:</b> Satélite – GPS	<b>*H.:</b> 104,002m

**Foto Localização:**



**Foto Detalhe:**



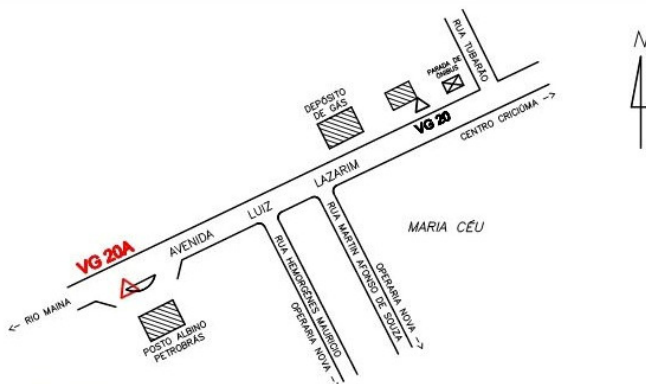
**Descrição do VG:**

Município de Criciúma  
Chapa de alumínio com as inscrições:  
" Rede de Referência Cadastral – Aerocarta - Protegido por Lei - PMC – 2002 – VG 20A "

**Itinerário:**

O vértice nº. VG 20A está materializado por marco de concreto implantado no Bairro Maria Céu, na Avenida Luiz Lazarim, lado esquerdo sentido Rio Maina, no início do canteiro em frente ao Posto Albino, da Petrobras.

**Croqui:**



**Executado por:** AEROCARTA S/A.

**Ponto Visado:** VG 20

**Azimute Geodésico:** (VG 20A - VG 20 ORIGEM AO NORTE) 61°40'25,58"

**Distância Geodésica:** (VG 20A - VG 20) 413,999m

**\* Altitude ortométrica**

**Distância Plana:** (VG 20A - VG 20) 413,959m